

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROALIMENTARIAS  
ESCUELA DE TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

**Determinación de la concentración mínima de cloruro de sodio que se puede reducir en un queso fresco sin que sea perceptible para los consumidores utilizando un umbral de diferencia y su efecto sobre el desuerado y perfil de textura.**

PROYECTO DE GRADUACIÓN PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR POR  
EL GRADO DE LICENCIATURA EN INGENIERÍA DE ALIMENTOS

Elaborado por:

Maricruz Pacheco Zamora

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

Febrero, 2018

**TRIBUNAL EXAMINADOR**

PROYECTO DE GRADUACIÓN PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR POR  
EL GRADO DE LICENCIATURA EN INGENIERÍA DE ALIMENTOS

Elaborado por:

Maricruz Pacheco Zamora

Aprobado por:

---

Licda. Diana Víquez Barrantes

Directora del proyecto

---

Ph. D. Elba Cubero Castillo

Asesora del proyecto

---

MGA. Yorleny Araya Quesada

Asesora del proyecto

---

Ph. D Jessie Usaga Barrientos

Presidenta del tribunal

---

Licda. Marjorie Henderson García

Profesora designada

## **DEDICATORIA**

Este proyecto final de investigación se lo dedico a mis papás Álvaro y María, porque sin su esfuerzo, sacrificio y trabajo nada de esto habría sido posible.

A mis hermanos, abuela y sobrino por ser una indispensable parte de mi vida.

Y a Óscar por apoyarme incondicionalmente y haber sido parte de esta etapa tan importante en mi vida.

## AGRADECIMIENTOS

A Dios por poner su huella en cada cosa que hago y permitirme cumplir mis metas.

A la profesora Diana Víquez, directora de este proyecto, por la confianza brindada, por su tiempo y consejo.

A las profesoras Yorleny Araya, Elba Cubero y María Laura Montero, por su gran apoyo, su consejo, su tiempo y por compartirme de su gran conocimiento.

Al profe Eric no sólo por ayudarme sino por enseñarme más acerca del análisis estadístico.

A la profesora María Lourdes por su gran ayuda.

Al personal de laboratorio de química de la Escuela y del CITA, al personal de limpieza, mantenimiento y personal administrativo de la escuela, por su colaboración durante el proyecto.

Un agradecimiento especial a Fernando Camacho y Alonso Contreras, por su buena disposición a ayudarme siempre.

A Ronald, Wen, Eu, Lou, Caro Guadamuz, Andre Carrillo que lucharon conmigo en las producciones maratónicas de queso, les quedaré por siempre agradecida.

A Monse y Dani por su apoyo desde primer año de carrera.

A Priscilla, Aracelly, Fiorella, Camilo, Mar y Vale Benavides por su ayuda en los paneles sensoriales.

A todos los panelistas que asistieron a mis pruebas, sin ellos no hubiera sido posible la realización de mis objetivos

A Óscar por su apoyo incondicional, su paciencia, su buena disposición a ayudarme, a escucharme, por nunca dejarme caer y por todo su amor.

A mis hermanos, abuela y sobrino por haber sido parte de esta etapa.

Finalmente, a mis papás Álvaro y María, por su esfuerzo, y por heredarme este gran tesoro de la educación.

**DERECHOS DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL**

Este trabajo final de graduación es de carácter público.

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

<b>TRIBUNAL EXAMINADOR .....</b>	<b>I</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>II</b>
<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>III</b>
<b>DERECHOS DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL.....</b>	<b>IV</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS .....</b>	<b>XIII</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>XVII</b>
<b>I. JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>II. OBJETIVOS .....</b>	<b>5</b>
2.1. GENERAL .....	5
2.2. ESPECÍFICOS .....	5
<b>III. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>6</b>
3.1. QUESO FRESCO .....	6
3.1.1. DEFINICIÓN .....	6
3.2. RESEÑA HISTÓRICA .....	6
3.3. PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE QUESO FRESCO EN COSTA RICA .....	7
3.4. COMPOSICIÓN QUÍMICA E IMPORTANCIA NUTRICIONAL DEL QUESO.....	8

3.5.	PRODUCCIÓN .....	9
3.5.1.	MATERIAS PRIMAS.....	9
3.5.1.1.	LECHE.....	9
3.5.1.2.	CUAJO.....	9
3.5.1.3.	CULTIVO INICIADOR .....	10
3.5.1.4.	CLORURO DE CALCIO.....	10
3.5.1.5.	CLORURO DE SODIO.....	11
3.5.2.	OPERACIONES .....	11
3.5.2.1.	PASTEURIZACIÓN .....	11
3.5.2.2.	ENFRIAMIENTO .....	11
3.5.2.3.	ADICIÓN DE CLORURO DE CALCIO .....	12
3.5.2.4.	PREMADURACIÓN .....	12
3.5.2.5.	COAGULACIÓN .....	12
3.5.2.6.	CORTE, AGITACIÓN Y REPOSO .....	13
3.5.2.7.	DESUERADO .....	14
3.5.2.8.	SALADO.....	14
3.5.2.9.	MOLDEADO .....	14
3.5.2.10.	PRENSADO.....	14
3.5.2.11.	DESMOLDEADO Y EMPAQUE DEL PRODUCTO FINAL .....	14
3.6.	SODIO.....	15
3.6.1.	FUNCIONALIDADES TECNOLÓGICAS .....	15
3.6.2.	IMPORTANCIA NUTRICIONAL.....	16
3.6.3.	ANÁLISIS DE SODIO .....	16
3.7.	ANÁLISIS SENSORIAL.....	17
3.7.1.	UMBRALES.....	18

3.7.2.	PRUEBAS DE DISCRIMINACIÓN .....	19
3.7.3.	PRUEBAS DE AGRADO .....	21
3.8.	REOLOGÍA Y TEXTURA DEL QUESO FRESCO.....	21
3.8.1.	ANÁLISIS DE PERFIL DE TEXTURA .....	21
3.8.1.1.	COHESIVIDAD.....	22
3.8.1.2.	ADHESIVIDAD.....	22
3.8.1.3.	ELASTICIDAD .....	22
3.8.1.4.	MASTICABILIDAD .....	23
3.8.1.5.	FRACTURABILIDAD.....	23
3.8.1.6.	DUREZA.....	23
<b>IV.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>25</b>
4.1.	LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	25
4.2.	MATERIAS PRIMAS.....	25
4.2.1.	LECHE.....	25
4.2.2.	COAGULANTE .....	25
4.2.3.	CULTIVO INICIADOR.....	26
4.2.4.	OTROS INGREDIENTES.....	26
4.2.5.	OTROS MATERIALES .....	26
4.3.	EQUIPO.....	26
4.3.1.	PRENSA DE QUESOS .....	27
4.3.2.	EKOMILK .....	27
4.3.3.	TEXTURÓMETRO.....	27
4.4.	PROCESO DE ELABORACIÓN DE QUESO FRESCO.....	28
<b>V.</b>	<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>29</b>

5.1.	PRUEBAS PRELIMINARES .....	29
5.1.1.	EVALUACIÓN DE LA VARIABILIDAD DEL PROCESO DE MANUFACTURA DE QUESO FRESCO A ESCALA PILOTO.....	29
5.1.2.	ESCOGENCIA DEL RANGO DE CONCENTRACIÓN DE CLORURO DE SODIO (NACL) A EVALUAR PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA CURVA PSICOFÍSICA. ....	29
5.2.	ANÁLISIS QUÍMICOS.....	30
5.2.1.	PREPARACIÓN DE LA MUESTRA.....	30
5.2.2.	MEDICIÓN DE SODIO .....	30
5.2.3.	MEDICIÓN DE HUMEDAD .....	30
5.3.	DETERMINACIÓN DEL UMBRAL DE DIFERENCIA (JND) .....	31
5.3.1.	PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS.....	31
5.3.2.	MÉTODO DE ANÁLISIS.....	31
5.3.3.	ANÁLISIS DE DATOS .....	33
5.4.	VALIDACIÓN SENSORIAL DEL UMBRAL DE DIFERENCIA DE LOS QUESOS FRESCOS MEDIANTE UNA PRUEBA DE DIFERENCIACIÓN.....	34
5.4.1.	MÉTODO DE ANÁLISIS.....	34
5.4.2.	ANÁLISIS DE DATOS .....	35
5.5.	PRUEBA DE AGRADO GENERAL.....	36
5.5.1.	MÉTODO DE ANÁLISIS.....	36
5.5.2.	ANÁLISIS DE DATOS .....	37
5.6.	EFFECTO DE LA REDUCCIÓN DE SODIO SOBRE EL PERFIL DE TEXTURA Y DESUERADO DE UN QUESO FRESCO .....	38
5.6.1.	MÉTODO DE ANÁLISIS.....	38
5.6.2.	ANÁLISIS DE DATOS .....	39
<b>VI.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>40</b>
6.1.	PRUEBAS PRELIMINARES .....	40

6.2. DETERMINACIÓN DEL UMBRAL DE DIFERENCIA APENAS PERCEPTIBLE (JND) PARA LA REDUCCIÓN DE SODIO EN UN QUESO FRESCO ELABORADO A ESCALA PILOTO .....	40
6.3. VALIDACIÓN SENSORIAL DE LA REDUCCIÓN DE CLORURO DE SODIO .....	43
6.4. EFECTO DE LA REDUCCIÓN DE SODIO EN EL QUESO FRESCO ELABORADO A ESCALA PILOTO SOBRE EL PERFIL DE TEXTURA Y EL DESUERADO DURANTE EL ALMACENAMIENTO. . .....	51
<b>VII. CONCLUSIONES .....</b>	<b>60</b>
<b>VIII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>62</b>
<b>IX. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>63</b>
<b>X. ANEXOS .....</b>	<b>72</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 1.</b> ESTRUCTURA DE LA K-CASEÍNA Y OBTENCIÓN DE LA PARA-CASEÍNA Y EL GLICOMACROPÉPTIDO RESULTANTE DE LA ACCIÓN DEL CUAJO.....	13
<b>FIGURA 2.</b> CURVA TÍPICA DEL PERFIL DE TEXTURA DE UN ALIMENTO .....	24
<b>FIGURA 3.</b> FLUJO DE PROCESO SEGUIDO EN LA ELABORACIÓN DE LOS TRES LOTES DE QUESO FRESCO ESCALA PILOTO (MODIFICACIÓN DEL FLUJO DE PROCESO DESCRITO POR MAYORGA (1992)). .....	28
<b>FIGURA 4.</b> EJEMPLO DE BANDEJA PROPORCIONADA A LOS PANELISTAS PARA LA DETERMINACIÓN DE UMBRAL DE DIFERENCIA. “A” REPRESENTA EL VASO CON AGUA Y “E” EL VASO PARA EXPECTORAR LOS ENJUAGUES PROPORCIONADO A LOS PANELISTAS, MIENTRAS QUE “I” CORRESPONDE AL INICIADOR. ....	33
<b>FIGURA 5.</b> EJEMPLO DE BANDEJA PROPORCIONADA A LOS PANELISTAS PARA LA VALIDACIÓN DEL UMBRAL DE DIFERENCIA POR MEDIO DE UNA PRUEBA 2AFC. “A” REPRESENTA EL VASO CON AGUA Y “E” EL VASO PARA EXPECTORAR LOS ENJUAGUES PROPORCIONADOS A LOS PANELISTAS, MIENTRAS QUE “I” CORRESPONDE AL INICIADOR, “QR” HACE REFERENCIA A LOS QUESOS REDUCIDOS Y “EC” AL ESTÍMULO CONSTANTE....	35
<b>FIGURA 6.</b> EJEMPLO DE ESCALA LINEAL CONTINÚA UTILIZADA EN LA PRUEBA DE AGRADO GENERAL DE QUESO FRESCO.....	36
<b>FIGURA 7.</b> EJEMPLO DE BANDEJA A PRESENTADA A LOS PANELISTAS EN LA PRUEBA DE AGRADO GENERAL. “A” REPRESENTA EL VASO CON AGUA Y” E” EL VASO PARA EXPECTORAR LOS ENJUAGUES PROPORCIONADOS A LOS PANELISTAS, “QR” HACE REFERENCIA A LOS	

QUESOS REDUCIDOS, “EC” AL ESTÍMULO CONSTANTE Y “QC” AL QUESO COMERCIAL SERVIDO. ....37

**FIGURA 8.** AGRADO GENERAL DE LOS PANELISTAS DE AMBOS CONGLOMERADOS PARA LOS CUATRO QUESOS FRESCOS, DONDE “QC” CORRESPONDE A UN QUESO COMERCIAL, “EC” AL ESTÍMULO CONSTANTE, Y “QR2” Y “QR3”, REPRESENTAN LOS QUESOS REDUCIDOS 2 Y 3 RESPECTIVAMENTE. EN LOS PARÉNTESIS SE SEÑALA SU RESPECTIVA CONCENTRACIÓN DE NACL.....48

**FIGURA 9.** GRÁFICOS DE REGRESIÓN DE CADA UNO DE LOS PARÁMETROS DEL TPA MEDIDOS CONTRA LA CONCENTRACIÓN DE NACL EN EL PRODUCTO FINAL.....54

**FIGURA 10.** GRÁFICOS DE REGRESIÓN DE CADA UNO DE LOS PARÁMETROS DEL TPA MEDIDOS CONTRA LA CONCENTRACIÓN DE NACL AÑADIDA DE ACUERDO A LA FORMULACIÓN .....55

**FIGURA 11.** GRÁFICOS DE REGRESIÓN DE HUMEDAD CONTRA LA CONCENTRACIÓN DE NACL AÑADIDA Y MEDIDA EN EL PRODUCTO FINAL.....56

**FIGURA 12.** GRÁFICA DE REGRESIÓN DE PÉRDIDA DE SUERO EN EL TIEMPO TANTO PARA LA CANTIDAD DE NACL AÑADIDA (N) COMO PARA LA CONCENTRACIÓN DE NACL MEDIDA EN EL PRODUCTO FINAL (M) .....57

**FIGURA 13.** GRÁFICA DE REGRESIÓN DE PÉRDIDA DE SUERO CONTRA LA CONCENTRACIÓN DE NACL TANTO AÑADIDA, COMO LA MEDIDA EN EL PRODUCTO FINAL.....58

<b>FIGURA 1A.</b> DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA CONCENTRACIÓN DE NA <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> MEDIDA EN EL PRODUCTO FINAL EN FUNCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE NA <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> AÑADIDO AL QUESO DE ACUERDO CON LA FORMULACIÓN.....	72
<b>FIGURA 2A.</b> DIFERENCIA DE CONCENTRACIÓN ENTRE EL NA <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> MEDIDO EN EL PF CON RESPECTO A LA AÑADIDA (%) DE LOS TRES LOTES DE PRODUCCIÓN.....	72
<b>FIGURA 3A.</b> CURVA PSICOFÍSICA UTILIZADA PARA LA DETERMINACIÓN DEL UMBRAL DE DIFERENCIA APENAS PERCEPTIBLE DE CLORURO DE SODIO PARA EL LOTE 1 DE QUESO FRESCO ELABORADO A ESCALA PILOTO.....	77
<b>FIGURA 4A.</b> CURVA PSICOFÍSICA UTILIZADA PARA LA DETERMINACIÓN DEL UMBRAL DE DIFERENCIA APENAS PERCEPTIBLE DE CLORURO DE SODIO PARA EL LOTE 3 DE QUESO FRESCO ELABORADO A ESCALA.....	77
<b>FIGURA 5A.</b> CURVA PSICOFÍSICA UTILIZADA PARA LA DETERMINACIÓN DEL UMBRAL DE DIFERENCIA APENAS PERCEPTIBLE DE CLORURO DE SODIO PARA EL LOTE 3 DE QUESO FRESCO ELABORADO A ESCALA.....	78

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>CUADRO I.</b> ESTÍMULOS UTILIZADOS EN LA PRUEBA DE UMBRAL DE DIFERENCIA MEDIANTE EL MÉTODO DEL ESTÍMULO CONSTANTE, PARA LA DETERMINACIÓN DEL CAMBIO APENAS PERCEPTIBLE DE CLORURO DE SODIO EN QUESO FRESCO (JND).....	32
<b>CUADRO II.</b> UMBRAL DE DIFERENCIA APENAS PERCEPTIBLE (JND) DETERMINADO MEDIANTE LA METODOLOGÍA DE ESTÍMULO CONSTANTE EMPLEANDO PRUEBAS DE DIFERENCIACIÓN PARA TRES LOTES DE QUESO FRESCO ELABORADO A ESCALA PILOTO. ...	41
<b>CUADRO III.</b> VARIABILIDAD DE LA CONCENTRACIÓN DE NACL ENTRE LOTES, MEDIDA EN EL PRODUCTO FINAL PARA CADA QUESO FRESCO ELABORADO A ESCALA PILOTO CON DIFERENTES CONCENTRACIONES DE SAL AÑADIDA DE ACUERDO A LA FORMULACIÓN. ...	43
<b>CUADRO IV.</b> CANTIDAD DE NACL AÑADIDA DE ACUERDO A LA FORMULACIÓN Y MEDIDA EN EL PRODUCTO FINAL PARA CADA UNO DE LOS QUESOS ELABORADOS A ESCALA PILOTO PARA LA VALIDACIÓN DEL UMBRAL DE DIFERENCIA APENAS PERCEPTIBLE ENCONTRADO .....	45
<b>CUADRO V.</b> CONTENIDO DE NACL MEDIDO EN EL PRODUCTO FINAL DE CADA MUESTRA EN CADA PAR SERVIDO A LOS PANELISTAS, DIFERENCIA DE CONCENTRACIÓN DE NACL ENTRE MUESTRAS, NÚMERO DE ACIERTOS OBTENIDOS EN LA PRUEBA DE DIFERENCIACIÓN, D' Y GRADO DE REDUCCIÓN DE NACL LOGRADO. ....	46
<b>CUADRO VI.</b> TABLA DE COEFICIENTES DE CORRELACIÓN ENTRE LAS DIFERENTES VARIABLES RELACIONADAS CON LA ELABORACIÓN DE QUESO FRESCO A ESCALA PILOTO.....	52
<b>CUADRO VII.</b> RESULTADOS GENERADOS POR PROGRAMA FIZZ DEL PANEL DE DETERMINACIÓN DE UMBRAL DE DIFERENCIA APENAS PERCEPTIBLE (JND) DE NACL DEL	

LOTE 1 DE QUESO FRESCO ELABORADO A ESCALA PILOTO (1: ESTÍMULO CONSTANTE; 0: MUESTRA DE CONCENTRACIÓN DE NACL VARIABLE). .....74

**CUADRO VIII.** RESULTADOS GENERADOS POR PROGRAMA FIZZ DEL PANEL DE DETERMINACIÓN DE UMBRAL DE DIFERENCIA APENAS PERCEPTIBLE (JND) DE NACL DEL LOTE 2 DE QUESO FRESCO ELABORADO A ESCALA PILOTO (1: ESTÍMULO CONSTANTE; 0: MUESTRA DE CONCENTRACIÓN DE NACL VARIABLE). .....75

**CUADRO IX.** RESULTADOS GENERADOS POR PROGRAMA FIZZ DEL PANEL DE DETERMINACIÓN DE UMBRAL DE DIFERENCIA APENAS PERCEPTIBLE (JND) DE NACL DEL LOTE 3 DE QUESO FRESCO ELABORADO A ESCALA PILOTO (1: ESTÍMULO CONSTANTE; 0: MUESTRA DE CONCENTRACIÓN DE NACL VARIABLE) .....76

**CUADRO X.** CONCENTRACIÓN DE CLORURO DE SODIO MEDIDO EN EL PRODUCTO FINAL MEDIANTE ABSORCIÓN ATÓMICA PARA CADA UNO DE LOS LOTES DE PRODUCCIÓN DE QUESO FRESCO DE DIFERENTES CONCENTRACIONES DE SAL AÑADIDA ELABORADOS A ESCALA PILOTO. ....78

**CUADRO XI.** RESULTADOS GENERADOS POR PROGRAMA FIZZ DEL PANEL DE VALIDACIÓN DE LA REDUCCIÓN DE CLORURO DE SODIO EN QUESO FRESCO ELABORADO A ESCALA PILOTO (1: ESTÍMULO CONSTANTE; 0: QUESO REDUCIDO) .....79

**CUADRO XII.** RESULTADOS DE AGRADO GENERAL GENERADOS POR PROGRAMA FIZZ DEL PANEL DE VALIDACIÓN DE LA REDUCCIÓN DE CLORURO DE SODIO EN QUESO FRESCO ELABORADO A ESCALA PILOTO.....80

**CUADRO XIII.** PARÁMETROS DEL PERFIL DE TEXTURA MEDIDOS PARA CADA QUESO CON DIFERENTES CANTIDADES DE NACL AÑADIDO .....84

**CUADRO XIV.** PÉRDIDA DE SUERO MEDIDA EN EL ALMACENAMIENTO PARA CADA QUESO CON DIFERENTES CANTIDADES DE NA<sub>2</sub>CO AÑADIDO .....85

**CUADRO XV.** PORCENTAJE DE HUMEDAD, PÉRDIDA DE NA<sub>2</sub>CO, RENDIMIENTO Y CONCENTRACIÓN DE NA<sub>2</sub>CO EN EL SUERO PARA CADA UNA DE LOS QUESOS CON DIFERENTE CONCENTRACIÓN DE LOS TRES LOTES .....88

**CUADRO IA.** RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS RUTINARIOS QUE SE APLICARON A DOS DE LOS LOTES DE QUESO FRESCO ELABORADO A ESCALA PILOTO.....73

**CUADRO IIA.** RESULTADOS GENERADOS POR PROGRAMA FIZZ DEL PANEL DE DETERMINACIÓN DE UMBRAL DE DIFERENCIA APENAS PERCEPTIBLE (JND) DE NA<sub>2</sub>CO DEL LOTE 1 DE QUESO FRESCO ELABORADO A ESCALA PILOTO (1: ESTÍMULO CONSTANTE; 0: MUESTRA DE CONCENTRACIÓN DE NA<sub>2</sub>CO VARIABLE). .....74

**CUADRO IIIA.** RESULTADOS GENERADOS POR PROGRAMA FIZZ DEL PANEL DE DETERMINACIÓN DE UMBRAL DE DIFERENCIA APENAS PERCEPTIBLE (JND) DE NA<sub>2</sub>CO DEL LOTE 2 DE QUESO FRESCO ELABORADO A ESCALA PILOTO (1: ESTÍMULO CONSTANTE; 0: MUESTRA DE CONCENTRACIÓN DE NA<sub>2</sub>CO VARIABLE). .....75

**CUADRO IVA.** RESULTADOS GENERADOS POR PROGRAMA FIZZ DEL PANEL DE DETERMINACIÓN DE UMBRAL DE DIFERENCIA APENAS PERCEPTIBLE (JND) DE NA<sub>2</sub>CO DEL LOTE 3 DE QUESO FRESCO ELABORADO A ESCALA PILOTO (1: ESTÍMULO CONSTANTE; 0: MUESTRA DE CONCENTRACIÓN DE NA<sub>2</sub>CO VARIABLE) .....76

**CUADRO VA.** CONCENTRACIÓN DE CLORURO DE SODIO MEDIDO EN EL PRODUCTO FINAL MEDIANTE ABSORCIÓN ATÓMICA PARA CADA UNO DE LOS LOTES DE PRODUCCIÓN DE QUESO FRESCO DE DIFERENTES CONCENTRACIONES DE SAL AÑADIDA ELABORADOS A ESCALA PILOTO. ....78

**CUADRO VIA.** RESULTADOS GENERADOS POR PROGRAMA FIZZ DEL PANEL DE VALIDACIÓN DE LA REDUCCIÓN DE CLORURO DE SODIO EN QUESO FRESCO ELABORADO A ESCALA PILOTO (1: ESTÍMULO CONSTANTE; 0: QUESO REDUCIDO) .....79

**CUADRO VIIA.** RESULTADOS DE AGRADO GENERAL GENERADOS POR PROGRAMA FIZZ DEL PANEL DE VALIDACIÓN DE LA REDUCCIÓN DE CLORURO DE SODIO EN QUESO FRESCO ELABORADO A ESCALA PILOTO .....80

**CUADRO VIIIA.** PARÁMETROS DEL PERFIL DE TEXTURA MEDIDOS PARA CADA QUESO CON DIFERENTES CANTIDADES DE NA<sub>2</sub>CO AÑADIDO .....84

**CUADRO IXA.** PÉRDIDA DE SUERO MEDIDA EN EL ALMACENAMIENTO PARA CADA QUESO CON DIFERENTES CANTIDADES DE NA<sub>2</sub>CO AÑADIDO .....85

**CUADRO XA.** PORCENTAJE DE HUMEDAD, PÉRDIDA DE NA<sub>2</sub>CO, RENDIMIENTO Y CONCENTRACIÓN DE NA<sub>2</sub>CO EN EL SUERO PARA CADA UNO DE LOS QUESOS CON DIFERENTE CONCENTRACIÓN DE LOS TRES LOTES .....88

## RESUMEN

### **Determinación de la concentración mínima de cloruro de sodio que se puede reducir en un queso fresco sin que sea perceptible para los consumidores utilizando un umbral de diferencia y su efecto sobre el desuerado y perfil de textura.**

Tesis de Licenciatura en Ingeniería de Alimentos – San José, Costa Rica

Pacheco, M. 2017.

104h; 20 il ;76 refs.

En este trabajo se desarrolló una metodología de reducción de cloruro de sodio (NaCl) en queso fresco elaborado a escala piloto mediante el uso del umbral de diferencia apenas perceptible (JND por sus siglas en inglés) medido con el método de umbrales de estímulo constante, realizando paneles sensoriales de diferenciación 2AFC con 40 panelistas. Se encontró variabilidad en la pérdida de NaCl durante la elaboración de queso fresco; por lo que, se realizó la medición del JND para tres lotes de producción diferentes, se determinó que la variación del proceso en los ámbitos de concentración trabajados se encontraba por debajo del umbral y, por ende, las diferencias en los productos, generadas por la variabilidad natural del proceso, eran muy difíciles de percibir por los consumidores.

Se encontró una reducción de NaCl de 31,2%, la cual se validó por medio de pruebas de diferenciación, en las cuales los panelistas encontraron diferencias significativas con respecto al queso sin reducción de NaCl, entonces para determinar si esta diferencia era importante se procedió a aplicar pruebas de agrado con 138 panelistas, empleando cuatro muestras: dos réplicas de queso de contenido de NaCl reducido, una muestra de queso de formulación estándar (estímulo constante) y una muestra de queso comercial. En esta prueba se logró validar la reducción de cloruro de sodio, pues a un 54% de los participantes les gustó los quesos reducidos, sin reducir y queso comercial por igual. Mientras que el restante 46% prefirió el queso comercial, que era el más salado; sin embargo, no presentó preferencia entre los quesos restantes.

Adicionalmente se evaluó el efecto de la concentración de NaCl sobre los parámetros del perfil de textura del queso fresco, así como la pérdida de suero durante el almacenamiento.

Como análisis complementario se realizó un análisis de correlaciones múltiples entre seis variables de interés en la producción de queso fresco y se encontró una fuerte correlación ( $p \leq 0,05$ ) entre el cloruro de sodio añadido y el cloruro de sodio medido en el producto final así como entre el cloruro de sodio añadido y la pérdida de NaCl, ésta última variable se relacionó significativamente con la concentración de NaCl en el suero; mientras que la concentración de NaCl en el suero correlacionó con la concentración de NaCl en el queso final.

Se realizó un análisis de perfil de textura a quesos con las siguientes concentraciones de NaCl añadido: 0,5%, 0,8%, 1,3%, 1,5%, 2,0%, 3,3%, 5,2% utilizando el Texturómetro TA. XT Plus de Stable Micro Systems. La concentración de sal no provocó cambios en la elasticidad, la dureza y adhesividad de los quesos, mientras que la cohesividad, la humedad y la masticabilidad disminuyeron con el aumento de la concentración de NaCl.

Se determinó que al aumentar el tiempo de almacenamiento de los quesos se aumentó la pérdida de suero, y a mayor concentración de NaCl la pérdida de suero fue menor en los quesos; sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en la interacción entre la concentración de cloruro de sodio y el tiempo de almacenamiento, lo que quiere decir que todos los quesos perdieron suero bajo el mismo comportamiento.

QUESO FRESCO REDUCIDO, SAL, CLORURO DE SODIO, REDUCCIÓN DE SODIO, UMBRAL DE CLORURO DE SODIO, QUESO FRESCO, JND, SENSORIAL.

Directora: Lic. Diana Víquez Barrantes

Escuela de Tecnología de Alimentos

## I. JUSTIFICACIÓN

La sal (NaCl) está compuesta por sodio (Na), que es el elemento más abundante en los fluidos extracelulares y permite el transporte de nutrientes, su ingesta es esencial ya que este elemento contribuye al mecanismo de regulación de la presión arterial, el transporte de agua intracelular, la regulación de la presión osmótica y la transmisión de los impulsos nerviosos y pH (Ramírez *et al.*, 2014).

Sin embargo, en múltiples estudios, ha sido demostrado que un alto consumo de sal (NaCl) tiene como consecuencia un aumento de la presión sanguínea, así como el incremento del riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares y enfermedades renales. A su vez una alta ingesta de sodio se ha visto relacionada con el aumento de la obesidad y problemas de osteoporosis en la población debido al aumento de la excreción de calcio (Villarreal, 2014; Ramírez *et al.*, 2014).

La hipertensión arterial constituye, en Costa Rica, la principal causa de consulta médica de la población adulta. En el 2004 afectó al 25% de la población mayor de 20 años residentes en el Área Metropolitana y, en 2010, a un 37,8% de la población nacional. Este trastorno se puede presentar desde edades tempranas y su prevalencia aumenta con la edad. Del mismo modo, la prevalencia de casos clasificados como pre hipertensos sigue en aumento: en 2004 fue de 25,4% y en 2010 de 26,8% (Blanco-Metzler *et al.*, 2012). Adicionalmente, se ha visto una fuerte asociación entre problemas de hipertensión y enfermedades cardiovasculares, obesidad, resistencia a la insulina y síndrome metabólico (Doyle, 2008).

Actualmente se desconoce la ingesta real de sodio de la población costarricense. La Encuesta Nacional sobre Consumo de Sal Doméstica en el Hogar realizada en 1984 indicó un consumo promedio de NaCl de (10,6-13,5) g/día, equivalente a (4200-5300) mg Na/día (Valverde & Silva, 2012), cuando el máximo recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) es de 2000 mg/ persona/día. Aunque la OMS sugiere este valor, en realidad el requerimiento diario por persona de este micronutriente es de 180 a 500 mg (Blanco-

Metzler *et al.*, 2012), por lo que la población costarricense se encuentra sumamente expuesta a este riesgo. En esta encuesta se identificaron algunos alimentos que aportan cantidades significativas de sodio en la dieta entre los cuales se encuentra el queso fresco (Valverde & Silva, 2012).

Los productos lácteos, en total, contribuyen con alrededor del 11% del sodio en la dieta y, a pesar de que el queso fresco posee un menor contenido de sodio que otros productos alimenticios, e inclusive menor que muchos quesos, tradicionalmente la producción de queso en Costa Rica se ha caracterizado por el dominio de los quesos frescos sin o con muy poca maduración y la preferencia hacia el queso fresco supera el 90% a todo nivel social sobre cualquier otro tipo de queso (Granados & Álvarez, 2007). Por lo que, gracias a su alto consumo, ha sido identificado como uno de los productos responsables de aportar gran cantidad de sodio en la dieta costarricense (Valverde & Silva, 2012).

A raíz de esta problemática de salud mundial, en otros países latinoamericanos se han hecho esfuerzos para estudiar el consumo y contenido de sodio de los productos alimenticios con el propósito de reducirlo. Un ejemplo de esto es Brasil, donde se ha estudiado la contribución del queso a la ingesta de sodio de los brasileños y encontraron que más 70% de los quesos analizados se podían categorizar como quesos con alto contenido de sodio, excediendo los 400 mg Na/100g de producto (Felicio *et al.*, 2013) concluyendo así que la reformulación de los quesos en el país era inminente.

En Colombia Villamil *et al.* (2016) desarrollaron varios quesos reducidos en sodio mediante pruebas afectivas con consumidores mientras que Bejarano (2014) determinó que es posible la sustitución de NaCl con KCl hasta un 25% en el queso antioqueño tradicional.

En Argentina, Minetti *et al.* (2002) identificaron que los quesos de pasta blanda poseen una concentración promedio de NaCl de los  $1511,8 \pm \text{mg}/100 \text{ g}$  de queso.

Ganesan *et al.* (2014) realizaron un estudio en el cual evaluaron la aceptación de queso cheddar y mozzarella con distintos contenidos de sal y encontraron que los quesos con

concentraciones de 0,7% y 0,9% m/m de sal eran menos gustados que los quesos con concentraciones entre 1,25 y 1,8% m/m de sal, por lo que concluyeron que los consumidores eran capaces de distinguir hasta un 30% de reducción de NaCl partiendo de 1,9% y que es necesaria una reducción gradual del contenido de sodio de estos quesos para mejorar la aceptación de los mismos.

Todos estos esfuerzos evidencian la necesidad que existe por documentar, estudiar y reducir el contenido de sodio de los productos lácteos que se comercializan actualmente con el propósito de impactar positivamente la salud de los consumidores alrededor del mundo.

Costa Rica no es la excepción pues recientemente se unió al esfuerzo de entidades como La Organización Panamericana de la Salud (OPS) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), las cuales presentaron la “Iniciativa sobre la prevención de las enfermedades cardiovasculares mediante la reducción del consumo de sal” (Blanco-Metzler *et al.*, 2012), formulando el Plan Nacional de Reducción de Consumo de Sodio y Sal en la Población 2011-2021. Este plan tiene como meta lograr la reducción del contenido de sodio en los alimentos procesados y preparados para alcanzar progresivamente la recomendación de la OMS (2 g de sodio/persona/día) (Ministerio de Salud de Costa Rica, 2011).

Acorde con el Plan Nacional de Reducción de Consumo de Sodio y Sal en la Población 2011-2021 y con los datos obtenidos en las investigaciones realizadas por Valverde y Silva (2012) y por Blanco-Metzler *et al.* (2012), este trabajo de investigación tiene por objetivo lograr la mayor reducción de sodio posible en el queso fresco sin que el consumidor lo pueda percibir o rechazar.

El desarrollo de este trabajo final de graduación es de gran importancia ya que, a nivel nacional, no se cuenta con estudios publicados de la evaluación de la reducción de sodio en queso fresco y, por ende, los resultados de este estudio podrían ser de interés para impulsar avances en el sector lácteo con respecto al Plan Nacional para Reducción de Sodio/Cloruro de sodio 2011-2021 (Ministerio de Salud de Costa Rica, 2011).

A pesar de que la reducción de sodio en el queso fresco resultaría beneficiosa para la población, algunos autores han determinado que ésta no sólo afecta las características texturales como la cohesividad, la adhesividad y la dureza, sino que además influye en la percepción del sabor, así como la pérdida de suero durante el almacenamiento (Floury *et al.*, 2009); por lo que, otro de los propósitos de esta investigación es la evaluación de parámetros que permitan conocer si la variación del contenido de sodio afecta negativamente el proceso, la calidad o la aceptación sensorial del queso por parte de los consumidores en caso de que la diferencia sea perceptible.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1. General**

2.1.1. Determinar el grado de reducción de cloruro de sodio que se puede lograr utilizando una prueba de umbral en un queso fresco elaborado a escala piloto, tomando en cuenta el efecto de esta reducción sobre la variabilidad del proceso, perfil de textura, aceptación sensorial y desuerado durante el almacenamiento.

### **2.2. Específicos**

2.2.1. Aplicar la metodología de umbral de diferencia apenas perceptible (JND) para la reducción de sodio en un queso fresco elaborado a escala piloto considerando la variabilidad de la pérdida de NaCl durante el proceso.

2.2.2. Validar sensorialmente la reducción del contenido de cloruro de sodio en el queso fresco mediante pruebas de diferenciación y aceptación utilizando consumidores.

2.2.3. Analizar el efecto de la reducción de sodio en el queso fresco elaborado a escala piloto sobre el perfil de textura y el desuerado durante el almacenamiento.

### **III. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1. Queso fresco**

##### **3.1.1. Definición**

De acuerdo al *Codex Alimentarius* de la FAO/OMS el queso es el producto sólido o semisólido, madurado o fresco, en el que el valor de la relación suero proteínas/caseína no supera al de la leche y es obtenido por coagulación total o parcial de la leche por medio de acción del cuajo o de otros agentes coagulantes adecuados, con un escurrido parcial del lacto suero (Ramírez & Vélez, 2014).

Desde el punto de vista fisicoquímico, el queso se define como un sistema tridimensional tipo gel, formado básicamente por la caseína integrada en un complejo caseinato fosfato cálcico que engloba glóbulos de grasa, agua, lactosa, albúminas, globulinas, minerales, vitaminas, y otras sustancias menores (Ramírez & Vélez, 2014).

El queso fresco se define como un producto sólido o semi-sólido de alta humedad (>50%) elaborado a partir de leche de vaca entera o parcialmente descremada producto de coagulación de las proteínas de la leche, el posterior drenaje del suero, moldeado y prensado de la cuajada. Se clasifica dentro de la categoría de quesos frescos ya que éste se destina para su consumo inmediato, no requiere de ningún tiempo de maduración para la obtención del producto final (Mayorga, 1992).

##### **3.2. Reseña Histórica**

El queso ha sido una parte importante de nuestra civilización desde la era neolítica. Todo empezó 17 000 años atrás, cuando se estableció el conocido "*Clima mediterráneo*", que se caracterizó por presentar veranos calientes e inviernos húmedos. En ese momento, cereales salvajes tales como cebada, centeno y trigo, así como leguminosas se empezaron a desarrollar en la zona del Valle del Río del Jordán. Estos granos y semillas empezaron a atraer ovejas y cabras, los habitantes empezaron a criar estos animales para consumir su carne; sin embargo, con el tiempo se especializaron en ellos hasta aprender a ordeñarlos (Farhat, 2014).

Algunos autores sugieren que la fabricación de queso inició cuando las tribus del este mediterráneo transportaban la leche de estos animales en sacos confeccionados con piel de animal, como vejigas y estómagos. Fue entonces cuando observaron que la secreción de los rumiantes jóvenes poseía la capacidad de coagular la leche lo que a su vez les permitía la conservación de la misma por un mayor tiempo (Arce, 2011).

En Costa Rica, no existe evidencia del momento preciso en que inició la producción quesera, sin embargo, Blanco y Granados (2007) indican que la elaboración de quesos frescos en la zona de Turrialba data desde 1865, dicha actividad quesera fue iniciada por una familia de apellido Vargas, de procedencia española y tradición quesera. Quienes posteriormente en 1890 con la incorporación del Ferrocarril empezaron a comercializar sus quesos en el mercado Central de San José (Arce, 2011).

### **3.3. Producción y consumo de queso fresco en Costa Rica**

En Costa Rica, la actividad de ganado vacuno y leche en conjunto representan un 1,3% del producto interno bruto (PIB) y aportan un 17,6% del valor agregado de la producción agropecuaria, siendo así el tercer rubro en importancia en la generación de este valor agregado (Ching, 2016).

Costa Rica es un país altamente consumidor de quesos. En cuanto a consumo, Barrantes en 1999, resaltó la gran predilección de los consumidores costarricenses por los quesos frescos; en ese momento la preferencia hacia el queso fresco superaba el 90%, tendencia que se mantiene hasta la actualidad (Euromonitor International, 2017).

Actualmente la empresa costarricense Dos Pinos lidera el mercado siendo acreedora del 46% de las ventas de valor minorista; mientras que Sigma Alimentos Costa Rica se mantiene como el segundo mayor actor en ventas de quesos y lácteos totales con un 35% de las ventas (Euromonitor International, 2017).

La cooperativa Dos Pinos utiliza, para la fabricación de sus productos lácteos, el 45,18% de la leche producida en el país, empresas medianas procesan un 15% (Sigma, Sigmamonteverde, Copeleche Florida Lácteos, Copebrisas, Cooprolac, Los Alpes) y cerca de un

millón de litros se procesa mediante la industria informal, de la cual un 80% se basa en la producción de quesos frescos y un 20% se vende como leche cruda (Ching, 2016).

El sector informal corresponde a pequeños productores lecheros que no entregan su producción de leche a las plantas industrializadoras más grandes, si no que se caracterizan por el manejo y comercialización de leche en tarro (lechera), o se dedican a la transformación del producto en zonas rurales de tipo casero o familiar (Arce, 2011).

### **3.4. Composición química e importancia nutricional del queso**

El queso comparte casi las mismas propiedades nutricionales que la leche, a excepción de que posee un menor contenido de lactosa y otras proteínas solubles como la lactoalbúmina y la lacto globulina. El queso brinda un excelente aporte de proteínas con alto valor biológico, además de ser una fuente importante de calcio y fósforo (Ramírez & Vélez, 2014).

En términos de carbohidratos, el queso contiene cantidades insignificantes ya que la mayoría de lactosa, que es su principal carbohidrato, se elimina junto con el suero. El contenido de proteína, por su parte es particularmente alto, mientras que en la leche y el yogurt se tiene de 3-6 g de proteína por cada 100 g de producto, en un queso fresco se tiene aproximadamente 15 g por cada 100 g de producto, además la caseína, al sufrir un proceso de hidrólisis, se encuentra sumamente biodisponible (Chryssanthopoulos & Maridaki, 2010).

En el caso de la grasa, existen quesos con alto contenido de grasa, y otros con bajo contenido, como es el caso de la mayoría de quesos frescos, en cualquier caso, la grasa del queso puede contener grasas CLA (Conjugated Linoleic Acid), que pueden resultar beneficiosos para la disminución del riesgo de enfermedades del corazón y ciertos tipos de cáncer (Chryssanthopoulos & Maridaki, 2010).

Las vitaminas en el queso son primordialmente de tipo liposolubles, y la cantidad de vitaminas hidrosolubles depende de la cantidad de suero retenido en el queso, hay autores que han descrito una retención de niacina, vitamina B6, Ácido pantoténico, biotina y ácido

fólico. En el caso de los minerales, el contenido de calcio en los quesos es muy significativo, siendo mayor en los quesos maduros elaborados mediante coagulación enzimática (Chryssanthopoulos & Maridaki, 2010).

### **3.5. Producción**

#### **3.5.1. Materias primas**

##### **3.5.1.1. Leche**

La leche es el líquido excretado por las glándulas mamarias de los mamíferos, en este caso de vaca, que en un principio estaba destinado únicamente para alimentar a sus crías, sin embargo, con el tiempo se han diversificados sus propósitos. Se trata de un líquido blanco, opaco, que puede ser ligeramente amarillento, tiene un sabor ligeramente dulce y un aroma simple y limpio, ésta debe ser homogénea (Spreer & Mixa, 1998).

La leche de vaca está compuesta por lactosa, que es su carbohidrato característico. Contiene entre 22-38% de lípidos en base seca, de los cuales la mayoría son triacilgliceroles cuyos ácidos grasos poseen cadenas que van de 2 a 20 átomos de carbono, y de 0 a 4 saturaciones, así como fosfolípidos, colesterol, ácidos grasos libres, monoglicéridos y diglicéridos. Contiene entre un 2,3% y un 4,4% de proteína, de la cual 4/5 corresponden a caseína, la cual es una proteína compuesta por cuatro subunidades como lo es la  $\alpha$ 1-,  $\alpha$ 2-,  $\beta$ - y la K-caseína, que componen en conjunto las micelas de caseína (Walstra *et al.*, 2014).

##### **3.5.1.2. Cuajo**

El término “cuajo” ha sido utilizado para describir el extracto salino procedente del cuarto estómago de un ternero de menos cuando éstos están en lactancia (Ramírez, 1942). Sin embargo, debido al aumento de la demanda de queso en el mundo, han ido surgiendo otras alternativas al cuajo animal.

En la actualidad existen coagulantes de origen animal, vegetal y microbiológicos, éstos últimos se han popularizado mayormente (Kumar & Behare, 2016).

La mayoría de los coagulantes microbianos se obtienen mediante fermentación sumergida por tanda, en la cual un cultivo madre es propagado en un medio hasta que se tengan suficientes células para inocular a gran escala. El hongo es removido por filtración y/o centrifugación y el coagulante es concentrado por ultrafiltración (Kilcawley, 2006).

Todos los coagulantes contienen enzimas de tipo proteinasas aspárticas y, por lo tanto, presentan mecanismos catalíticos idénticos.

#### **3.5.1.3. Cultivo iniciador**

Se pueden describir dos tipos de cultivos iniciadores: los cultivos iniciadores que son utilizados con frecuencia en la elaboración de productos lácteos fermentados que sirven para iniciar procesos metabólicos deseados y cambios sensoriales en los alimentos y los que se usan con el principal objetivo de la preservación, pues inhiben microorganismos patógenos y de deterioro, responsables de la pérdida de calidad (Albornoz & Colmenares, 2008).

Uno de los más utilizados en quesos frescos es el *Streptococcus thermophilus* el cual es un microorganismo termófilo ácido láctico. Fue aislado de la leche inicialmente, a diferencia de otras especies de las bacterias ácido-lácticas (BAL) que han sido aisladas de materias primas no lácteas, por lo que se adapta muy bien a este tipo de matriz (Hutkins & Goh, 2014).

#### **3.5.1.4. Cloruro de Calcio**

El cloruro de calcio es de gran importancia en la manufactura de queso fresco ya que, a pesar de que la agregación o precipitación de las micelas de caseína se da en parte por las fuerzas de Van der Waals, esta acción es insuficiente ya que debe ser complementada por la acción del calcio. La actividad del calcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ) proveniente del cloruro de calcio pues éste catión no solo disminuye la repulsión electrostática neutralizando las cargas negativas de la micela, sino que el  $\text{Ca}^{+2}$  genera puentes entre los sitios negativos de la micela de paracaseína (Walstra *et al.*, 2014).

### **3.5.1.5. Cloruro de sodio**

El cloruro de sodio, componente primordial de la sal de mesa, es un compuesto químico conformado por dos elementos, el catión de sodio ( $\text{Na}^+$ ), y el anión cloruro ( $\text{Cl}^-$ ), esta sal posee varias funciones en los productos alimenticios, entre ellas su efecto antimicrobiano y su capacidad como resaltador de sabor (Ravishankar & Juneja, 2000). La reducción de sal en el queso puede afectar no solo la percepción del sabor, si no otras propiedades del queso como su aroma, textura y estructura (Boisard *et al.*, 2014).

## **3.5.2. Operaciones**

### **3.5.2.1. Pasteurización**

La pasteurización es el tratamiento térmico diseñado para eliminar totalmente los microorganismos patógenos que puedan estar presentes en la leche, y así como un 90-99% de la flora de deterioro (Arce, 2011). Existen diversos métodos para llevarla a cabo, uno de ellos es el denominado LTLT (Low Temperature- Long Time por sus siglas en inglés), que significa baja temperatura por un periodo de tiempo prolongado (62,8°C por 30 minutos), que es el método que se utilizó en la presente investigación. El método de HTST (High Temperature – Short Time) que implica aplicar altas temperaturas por un corto tiempo, por ejemplo 71-77°C por 15 segundos; y el proceso UHT (Ultra High Temperature), actualmente muy utilizado, y se define como un tratamiento térmico con temperaturas ultra altas por un tiempo inclusive menor, un ejemplo de este tipo de tratamiento es 135°C por dos segundos (Jiménez, 1994).

### **3.5.2.2. Enfriamiento**

El enfriamiento es una etapa importante ya que éste permite que la leche pase de la temperatura de pasteurización (63°C) a temperaturas aptas para el desarrollo del cultivo y la acción del cuajo (Arce, 2011). Para esto se retira la leche del calor, se coloca en una marmita con recirculación de agua fría con agitación manual constante hasta una

temperatura de alrededor de 40°C, ya que los posteriores procesos de pre-maduración y coagulación se dan óptimamente a 38°C.

### **3.5.2.3. Adición de cloruro de calcio**

La razón de la adición de cloruro de calcio se explica en el apartado 3.5.1.4.

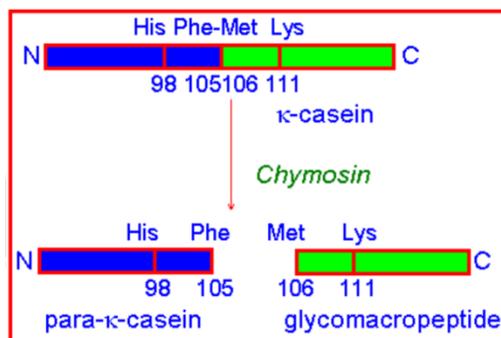
### **3.5.2.4. Premaduración**

La maduración en quesos fresco es una etapa en la cual se proporcionan las condiciones para el crecimiento del o los cultivos iniciadores y su importancia radica en que estos microorganismos cumplen varias funciones en el queso, una de ella es que las bacterias ácido lácticas promueven la acción de coagulante y la acidificación de la cuajada aumenta la sinéresis, y otra de las funciones de mayor importancia es que inhibe a las bacterias de deterioro pues ésta se encarga de competir por su alimento (la lactosa) y al generar ácido láctico también proporciona condiciones adversas a su desarrollo (Nielsen, 2004). Usualmente la premaduración se realiza a las condiciones óptimas de crecimiento del microorganismo.

### **3.5.2.5. Coagulación**

La coagulación enzimática de la leche se da en dos fases, en la primera, la proteínasa corta el enlace Phe105-Met106 de la k-caseína para desestabilizar las micelas de caseína que se observan en la **Figura 1** y la segunda etapa, es no enzimática, en la cual las micelas desestabilizadas precipitan en presencia de iones de calcio (Moschopoulou, 2014), lo que ocasiona la coagulación de la leche debido a que las micelas de caseína pierden esa parte negativa que ocasionaba la repulsión entre ellas y les impedía coagular, posteriormente la para-caseína recién formada empieza a precipitar debido a su poca solubilidad en presencia de calcio. Por lo que seguidamente se empiezan a agregar por atracción hidrofóbica entre los residuos de aminoácidos hidrofóbicos (Nielsen, 2004). En esta etapa las micelas de caseína, antes protegidas y estabilizadas por la K-caseína, se unen entre sí mediante puentes fósforo y calcio dando lugar a la formación de una red tridimensional que engloba

el resto de los componentes de la leche, tales como agua, grasa, vitaminas y lactosa entre otros, produciendo así un gel (Arce, 2011).



**Figura 1.** Estructura de la K-Caseína y obtención de la para-caseína y el glicomacropéptido resultante de la acción del cuajo.

### 3.5.2.6. Corte, agitación y reposo

La fragmentación de la cuajada tiene por objetivo el favorecimiento de la sinéresis del suero pues al romperse la cuajada en gránulos más pequeños, de tamaño uniforme, el suero atrapado en la retícula proteica se libera (Jiménez, 1994). Este proceso se realiza con una lira, se realiza el corte de la cuajada primero en dirección horizontal y posteriormente en dirección vertical hasta obtener un grano del tamaño de un grano de maíz y se agita la cuajada y se deja en reposo para fomentar la salida del suero.

En esta etapa se da lo que se conoce como la sinéresis, que se define como expulsión del suero durante la manufactura (a diferencia de la exudación que hace referencia a la pérdida de suero posterior a su manufactura). La sinéresis se da como consecuencia de la contracción del gel de caseína formado previamente debido a la re-asignación e intercambio de enlaces a conformaciones más estables (Kumar, 1991).

### **3.5.2.7. Desuerado**

En esta etapa se drena el suero; lo cual es importante ya que, al eliminar suero, se remueve lactosa y, por lo tanto, se evita una rápida acidificación posterior.

### **3.5.2.8. Salado**

Existen diferentes métodos de salado de quesos: uno de ellos es el salado en seco, el cual consiste en realizar una mezcla de los cristales de sal con la cuajada, o sea cuando aún el queso no ha sido moldeado, como es en el caso del queso fresco elaborado en esta investigación. Por otro lado, en el método de salado superficial la sal se frota contra la superficie del queso y usualmente es utilizada en el caso de quesos que desarrollan una capa de microorganismos deseados en su exterior. El método de salado con salmuera es ampliamente utilizado y consiste en la inmersión por un tiempo definido del queso en una disolución concentrada de NaCl, hasta que se haya absorbido la cantidad de sal deseada (Walstra *et al.*, 2014).

### **3.5.2.9. Moldeado**

El moldeado es la operación mediante la cual se determina la forma final que va a tener el queso una vez prensado y a su vez ayuda a que los gránulos se aglomeren (Ramírez & Vélez, 2014).

### **3.5.2.10. Prensado**

Durante el prensado se remueve el suero remanente de la cuajada, se fija la forma del producto final al someter los moldes con cuajada a una determinada presión por un periodo de tiempo definido. Dichas variables están determinadas por el tipo de queso que se desee elaborar, en algunos casos esta operación no es necesaria (Jiménez, 1994).

### **3.5.2.11. Desmoldeado y empaque del producto final**

El desmoldeado consiste en sacar el queso del molde tras el proceso de prensado. Una vez desmoldeado el producto se puede empacar de diversas maneras, en el caso de quesos

frescos el empaque ideal debe protegerlos de la luz, oxígeno, pérdida de aroma y de humedad (Mortensen *et al.*, 2004).

En Costa Rica la mayoría de los quesos frescos comerciales son empacados al vacío. El empaque al vacío es una forma de atmósfera modificada, en la cual el alimento es envasado en un empaque impermeable y es herméticamente sellado. Esto remueve la mayoría del oxígeno presente y, por lo tanto, previene reacciones de oxidación lipídica y de color, de deterioro por microorganismos y pérdida de humedad, resultando así en un aumento de la vida útil del producto (Rachtanapun & Rachtanapun, 2011).

### **3.6. Sodio**

#### **3.6.1. Funcionalidades tecnológicas**

A pesar de que el sodio tiene varios efectos adversos a la salud cuando se consume más de la cantidad recomendada, no es posible eliminarlo del todo de los alimentos ya que, en la mayoría de los casos, el cloruro de sodio posee funciones tecnológicas específicas.

Una característica importante del uso de la sal en los alimentos es su contribución directa al sabor. Sensorialmente la importancia de la adición de sal a los alimentos radica en que el sodio suprime los sabores amargos, mejorando el sabor general de los alimentos y en algunos casos potenciando el de otros componentes del alimento (Ramirez *et al.*, 2017).

Por otro lado, la sal aumenta la presión osmótica en la fase acuosa de los alimentos, causando la deshidratación de las bacterias, produciéndoles la muerte, o previendo su desarrollo o proliferación, junto con el pH, la actividad de agua y el potencial redox disminuye el deterioro y constituye una barrera para ciertos microorganismos patógenos (Ramirez *et al.*, 2017).

En el caso de los quesos frescos, grandes concentraciones de sal favorecen el desuerado del queso, generando así quesos con menor contenido de humedad, lo que evita la proliferación de microorganismos, al mismo tiempo altas concentraciones de sal inhiben la actividad proteolítica, mientras que a bajas concentraciones de sal se aumenta la

solubilización de la caseína o para-caseína, lo que resulta en un aumento de la actividad proteolítica, lo que puede generar sabores amargos (Ramírez *et al.*, 2017).

En cuanto a la reología y textura del queso, la sal tiene un efecto interesante ya que, durante el proceso de salado, se produce un intercambio de  $\text{Ca}^{+2}$  por iones  $\text{Na}^{+}$  en las moléculas de paracaseína, esto hace que la cuajada sea más suave. Microestructuralmente los quesos salados tienen fisuras más homogéneas y más pequeñas en comparación con los quesos sin sal, el queso salado presenta una forma más firme, mientras que el queso bajo en sal presenta una consistencia más suave, cremosa o pastosa (Ramírez *et al.*, 2016).

Es importante resaltar la interacción entre proteínas de la leche, ya que niveles reducidos de sodio resultan en interacciones más débiles, esto sumado al aumento de la actividad proteolítica, generan quesos más suaves (Ramírez *et al.*, 2016).

### **3.6.2. Importancia nutricional**

El sodio posee varias funciones dentro del cuerpo; este catión se encarga de regular el flujo extracelular de fluidos y el volumen del plasma e intervenir en proceso de transporte activo de moléculas a través de la membrana celular. Una vez que el sodio ingresa al cuerpo un 98% es absorbido en el intestino, mientras que el exceso es excretado vía riñones y transpiración. Sin embargo, conforme las personas envejecen la capacidad de los riñones para eliminar esta sustancia disminuye y esto afecta la homeostasis de las células, pues el volumen del plasma aumenta, lo que genera un estrés para el sistema cardiovascular y, por ende, se da el aumento de presión. Esto es lo que ocurre cuando se da una ingesta de sodio mayor a la recomendada (Doyle, 2008).

### **3.6.3. Análisis de sodio**

El contenido de sodio en los alimentos puede ser determinado de varias maneras incluyendo el método de Mohr y el de Volhard que son dos de los métodos más económicos, y el método de absorción atómica que es un poco más costoso (Nielsen, 2010).

La espectrometría de absorción atómica (AAS por sus siglas en inglés) ha sido el método más ampliamente utilizado para la determinación de elementos en muestras analíticas. Existen dos principales métodos para la atomización de la muestra: la atomización electrotrémica y la atomización de llama (Skoog *et al.*, 2001).

En los atomizadores electrotrémicos unos pocos mililitros de muestra se evaporan primero a baja temperatura y luego se calcinan a una temperatura más alta en un tubo de grafito calentado eléctricamente, se produce la atomización y se mide la absorbancia (Skoog *et al.*, 2001).

Por otro lado, la atomización de llama consiste en la nebulización de la muestra mediante un flujo de gas oxidante, mezclado con gas combustible que se transporta posteriormente a una llama donde se produce la atomización (Skoog *et al.*, 2001).

### **3.7. Análisis sensorial**

El análisis sensorial es una ciencia que comprende el uso de una serie de técnicas para la medición y estudio de las respuestas humanas a los productos alimenticios que son percibidos a través de los sentidos de la vista, el olfato, el tacto y el audio (Lawless & Heymann, 2010).

El sabor es uno de los aspectos más valorados por los consumidores (Arlenis *et al.*, 2010) por lo que al realizar una disminución de cloruro de sodio en queso fresco se busca que las personas no sean capaces de percibir un cambio con respecto a los quesos cuyo contenido de sodio no ha sido modificado. Existen herramientas como las pruebas sensoriales de discriminación, que se utilizan para probar si es posible que dos muestras, con diferencias en su formulación química, puedan no ser percibidas por las personas de manera diferente (Lawless & Heymann, 2010).

La psicofísica es la rama del análisis sensorial que estudia la relación entre los estímulos físicos y la experiencia sensorial. Está fundamentada en leyes y teorías de varios científicos que han estudiado la anatomía y fisiología de los sentidos. Weber fue el creador de una de

las leyes psicofísicas que establece que la cantidad de un estímulo añadido que sea apenas perceptible depende de la cantidad del estímulo que ya está presente (Meilgard *et al.*, 2006).

Posteriormente Fechner, desarrolló una ley psicofísica que, mediante una función logarítmica, explicaba el comportamiento de la intensidad percibida en función de la intensidad del estímulo físico. Sin embargo, la ley de Fechner no explicaba todos los estímulos sensoriales; por lo que surgió la Ley de Stevens, la cual exponía que la relación entre el comportamiento de la intensidad percibida y la intensidad del estímulo físico estaba dada por una función exponencial, cuyo exponente estaba relacionado con la característica sensorial específica (Meilgard *et al.*, 2006).

### **3.7.1. Umbrales**

Existen diferentes tipos de umbrales: el umbral absoluto, el cual está descrito como el punto donde un estímulo pasa de no producir ninguna sensación a ser percibido por una persona; y el umbral de diferencia, el cual representa el cambio en un estímulo mínimo necesario para que una persona logre detectar la diferencia el 50% de las veces (Lawless & Heymann, 2010).

Este último puede ser obtenido mediante la aplicación de pruebas de diferenciación utilizando la técnica de estímulo constante en la cual se comparan muestras más y menos intensas contra un nivel de referencia. Se le solicita al panelista que en cada caso indique cuál muestra presenta mayor intensidad en determinado atributo y se gráfica el porcentaje de los jueces que escogieron como más intensa la muestra distinta al estímulo constante en el eje Y contra la concentración del estímulo en el eje X; esta gráfica se conoce como curva psicofísica y el umbral es un punto de esta curva (Lawless & Heymann, 2010).

Una vez que se tiene la curva psicofísica, se calcula la línea de mejor ajuste y con ésta se interpola la concentración del estímulo entre el 87,5% y 62,5% del eje Y, seguidamente este

valor se divide entre un factor de dos para obtener el umbral de diferencia apenas perceptible o JND por sus siglas en inglés como se muestra en la siguiente ecuación:

$$JND = \frac{(X_2 - X_1)}{2}$$

Donde:

JND: Diferencia apenas perceptible

X<sub>2</sub>: Concentración del estímulo a un 87,5%

X<sub>1</sub>: Concentración de del estímulo a un 62,5%

(McBurney & Collings, 1977).

Para el diseño de pruebas sensoriales efectivas y su posterior análisis es importante tomar en cuenta los fenómenos psicofísicos que ocurren. Un ejemplo muy claro es la escogencia de la concentración de los estímulos variables a emplear en una prueba de umbral, debido a que los incrementos de concentración entre los diferentes estímulos no pueden ser de la misma magnitud pues, de acuerdo con las leyes psicofísicas, el ser humano no percibe en forma lineal los incrementos lineales del estímulo físico.

### **3.7.2. Pruebas de discriminación**

Las pruebas de discriminación son métodos analíticos y son utilizadas principalmente para determinar si existe una diferencia percibida entre productos. El grado de diferencia entre productos es denominado  $\delta$  o d', y corresponde a la distancia entre los promedios de las distribuciones de frecuencia de la percepción de dos estímulos; por lo tanto, a un mayor d' más diferentes son percibidos los productos, mientras que d' cercanos a 1 son considerados valores cercanos al umbral psicofísico, es decir que presentan una diferencia muy pequeña (O'Mahony & Rousseau, 2003).

Las pruebas de diferenciación pueden ser direccionales, que es cuando el atributo se menciona, o no direccionales que es cuando el atributo de diferencia no es nombrado (Sidel & Stone, 2005).

Dentro de las principales pruebas no direccionadas se encuentran: la prueba de igual-diferente, dúo-trío, triángulo y la tétrada. Mientras que en las pruebas direccionadas se tiene la prueba n- AFC (por sus siglas en inglés: Alternative Forced Choice) (Sidel & Stone, 2005). De este tipo de pruebas, las más utilizadas son la 3-AFC y la 2-AFC, en ambas se le solicita al juez que indique cuál de las muestras posee mayor intensidad en determinado atributo y se diferencian en la cantidad de muestras que son presentadas al juez, pues en el caso de la 3-AFC se presentan dos muestras iguales y una ligeramente distinta, y para la 2-AFC se presentan únicamente dos muestras ligeramente distintas (Lawless & Heymann, 2010).

La prueba de diferenciación 2-AFC es muy conveniente a la hora de detectar diferencias entre dos estímulos confundibles ya que fuerza al panelista a emplear la técnica de “descremado” como su estrategia cognitiva a la hora de tomar su decisión (Lee & O’Mahony, 2004).

Según O’Mahony y Rousseau (2003) existen dos estrategias cognitivas principales, el descremado y la comparación de distancias. Sin embargo, ha sido probado que para productos con un  $d'$  similar, los panelistas presentan un mejor desempeño en pruebas que fuerzan al panelista a emplear el descremado como estrategia cognitiva y por lo tanto pruebas como la 2 AFC son estadísticamente más eficientes.

En las pruebas de diferenciación es muy común el uso de “*primers*” o iniciadores. El iniciador es un estímulo que el panelista debe probar antes de las muestras que va a evaluar, es una herramienta utilizada para eliminar el efecto de la adaptación e igualar las condiciones en las que todas las muestras son probadas (Lee *et al.*, 2009). Los “*primers*” son ampliamente utilizados cuando se trata de productos líquidos más no así para productos sólidos. Hernández (2017) dio los primeros pasos en la utilización de iniciadores sólidos con muestras de salchichón y chorizo.

### **3.7.3. Pruebas de agrado**

Las pruebas sensoriales afectivas usan las respuestas emotivas de los consumidores para evaluar los productos, éstos son calificados de acuerdo con la preferencia del consumidor, el agrado o aceptación que genera determinado atributo o a su agrado general. En las pruebas de agrado se puede hacer uso de diferentes tipos de escalas. Una de ellas es la escala hedónica de nueve puntos, otra, también muy utilizada, es la escala lineal continua de 10-15 cm (O'Sullivan, 2017).

La clave para realizar este tipo de pruebas de una manera exitosa es buscando los participantes más apropiados. Los panelistas deben ser representativos de la población, deben ser consumidores frecuentes del tipo de producto que se está analizando y es muy importante que no deben utilizarse panelistas entrenados (Lawless & Heymann, 2010). Esto, según Svensson (2012), es porque los panelistas entrenados tienen una manera más analítica de evaluar los productos, mientras que los consumidores no evalúan ni distinguen todos los atributos sino que tienen una impresión integral del producto que se traduce en el agrado o desagrado.

Es importante recordar que al aplicar este tipo de pruebas se necesitan muestras muy grandes, ya que los gustos y preferencias de cada persona introducen gran variabilidad al análisis, pues dependen de factores como las experiencias, cultura, hábitos, intereses personales, dieta, salud entre otros. Con un número alto de panelistas se garantiza que la muestra comprenda un número suficiente de consumidores de cada segmento de mercado y, por lo tanto, sea estadísticamente válido (Svensson, 2012).

## **3.8. Reología y textura del queso fresco**

### **3.8.1. Análisis de perfil de textura**

Las propiedades texturales de un alimento son el grupo de características físicas que dependen de los elementos estructurales del material, se perciben por el sentido del tacto, se relacionan con la deformación, desintegración y flujo por la aplicación de una fuerza, y

se miden objetivamente como una función de masa, tiempo y distancia (Mendez & Reino, 2012).

Uno de los métodos para determinar estas características texturales es mediante el análisis de perfil de textura o TPA por sus siglas en inglés, el cual consiste en una prueba imitativa ampliamente conocida. En dicha técnica una muestra es presionada de forma axial entre dos platos hasta cierto grado de deformación durante el primer ciclo, seguidamente se libera la presión y luego se aplica nuevamente la presión sobre la muestra una segunda vez, con el fin de simular dos mordiscos. Se utilizan proporciones de compresión que van de 50 a 85% y velocidades de compresión de 5 a 200 mm/min (Barbut, 2009), con esto se obtiene una curva de fuerza en función del tiempo mediante la cual se obtienen diversos parámetros que se correlacionan bien con ciertas características sensoriales de los alimentos como lo es la adhesividad, masticabilidad, cohesividad, dureza y elasticidad (Muthukumarappan & Karunanithy, 2011).

#### **3.8.1.1. Cohesividad**

Gunasekaran y Mehmet (2003) definen esta propiedad como la fuerza de los enlaces internos que conforman el cuerpo del producto. Sánchez *et al.* (2011) describe la cohesividad como la proporción entre el área positiva de la segunda compresión y la primera compresión, se trata de una variable adimensional.

#### **3.8.1.2. Adhesividad**

La adhesividad está definida como el área negativa que se genera después del primer mordisco y que representa la fuerza necesaria para despegar el producto del aditamento cilíndrico (Sánchez *et al.*, 2011). En la **Figura 2** dicha variable está dada por la letra A3.

#### **3.8.1.3. Elasticidad**

Gunasekaran y Mehmet (2003) definen la elasticidad como la distancia recuperada por la muestra durante el lapso que existe entre el primer y el segundo mordisco, o la tasa con la que el material deformado vuelve a su condición original al remover la fuerza.

#### **3.8.1.4. Masticabilidad**

La masticabilidad se define como la energía necesaria para masticar un sólido hasta que éste esté listo para ser tragado, por lo que sólo aplica para alimentos sólidos. Se calcula como el producto de la Dureza por la Cohesividad por la Elasticidad (Gunasekaran & Mehmet, 2003; Sánchez, *et al.*, 2011).

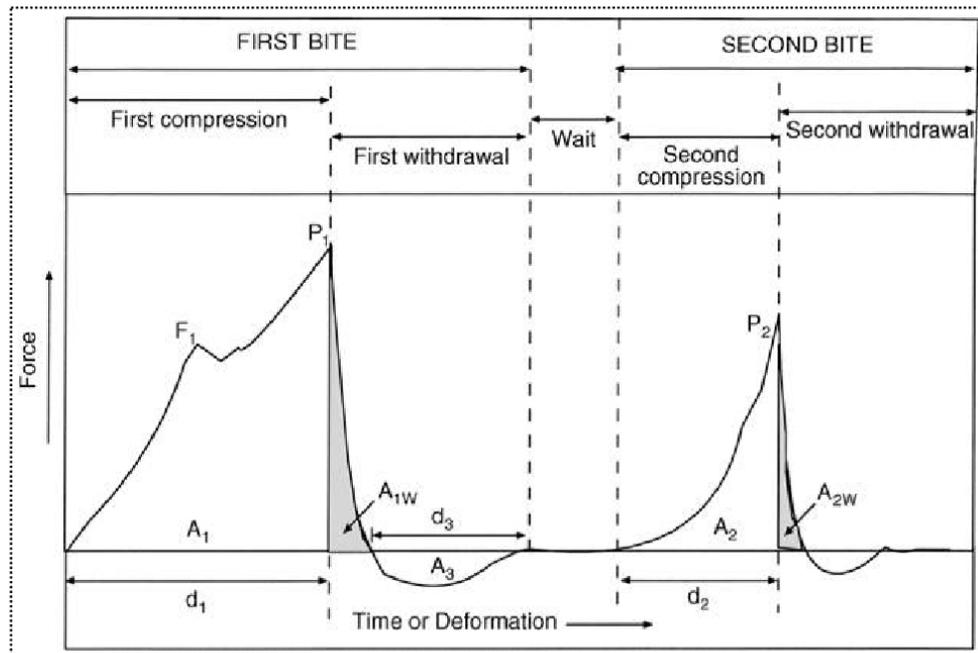
#### **3.8.1.5. Fracturabilidad**

Gunasekaran y Mehmet (2003) definen la fracturabilidad como la fuerza en el primer pico significativo de la curva en el primer mordisco, representada en la **Figura 2** por la letra F1.

Es importante destacar que no todos los productos se fragmentan, pero si lo hacen se puede observar una caída de la fuerza en la curva (Sánchez, *et al.*, 2011).

#### **3.8.1.6. Dureza**

Gunasekaran y Mehmet (2003) describen la dureza como la fuerza necesaria para lograr una cierta deformación hasta un punto que es elegido por el investigador, ésta se representa en la Figura 2 por la letra P1. Sánchez et al. (2011) indican que la dureza se define como el pico de fuerza experimentado durante el primer ciclo de compresión o mordisco.



**Figura 2.** Curva típica del perfil de textura de un alimento (Gunasekaran & Mehmet, 2003).

## **IV. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1. Localización de la investigación**

Los productos evaluados en esta investigación fueron elaborados en su totalidad en la Planta Piloto del Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos (CITA) de la Universidad de Costa Rica.

Los análisis de contenido de humedad y sodio por absorción atómica de llama se llevaron a cabo en el Laboratorio de Química del CITA.

Las pruebas sensoriales realizadas se llevaron a cabo en el Laboratorio de Análisis Sensorial de la Escuela de Tecnología de Alimentos

La medición del perfil de textura se realizó en el Laboratorio de Química de la Escuela de Tecnología de Alimentos.

### **4.2. Materias primas**

#### **4.2.1. Leche**

La leche utilizada para todas las pruebas definitivas fue comprada a la empresa El Quetzal ubicada en Oreamuno de Cartago. Esta empresa recolecta leche de diversas fincas de la zona, ordeñan dos veces al día y mantienen la leche en refrigeración hasta el momento de la entrega. La leche se utilizó 48 horas después del ordeño.

#### **4.2.2. Coagulante**

El cuajo empleado para la producción de queso fresco en esta investigación fue el CHY-MAX®-M 1000 en su presentación líquida, el cual es una quimosina producida por fermentación sumergida sobre un sustrato vegetal con *Aspergillus niger var awamori* mantenido bajo condiciones controladas. El producto contiene la enzima coagulante de la leche, es altamente específico para la kappa-caseína, el código de la enzima activa es el EC 3.4.23.4. El producto fue almacenado en refrigeración (4°C) hasta el momento de su aplicación, que se hizo de manera directa con abundante agitación.

#### **4.2.3. Cultivo Iniciador**

El cultivo iniciador empleado fue el STI-14 (*Streptococcus thermophilus*) en la presentación granulada (liofilizado), es un cultivo termófilo ácido láctico cuyo rango de temperatura óptimo de trabajo es de 35-45°C. Se mantuvo en cámara de congelación a -20°C hasta el momento de su adición, la cual fue directa en la leche pasteurizada.

#### **4.2.4. Otros ingredientes**

Se utilizó cloruro de calcio granulado de grado alimenticio, su temperatura óptima de adición es de 37-38°C, este producto fue almacenado a temperatura ambiente en la bodega de la planta piloto del CITA hasta el momento de su utilización. Se adicionó en una mezcla 1:3 (CaCl<sub>2</sub>: Agua) a temperatura ambiente a la leche pasteurizada.

El cloruro de sodio utilizado fue sal de mesa extrafina de la marca Sal Sol, para cada lote se utilizó una bolsa nueva sin abrir y se adicionó de forma directa en la cuajada después de la operación de desuerado.

#### **4.2.5. Otros materiales**

Se utilizaron mantas de nylon a la hora de prensar el queso con el fin de facilitar el posterior desmoldeo del queso, y el producto se empacó en bolsas de vacío tipo “poucher” de plástico coextruido con resistencia avanzada.

### **4.3. Equipo**

#### **4.3.1. Marmita**

La leche entera se pasteurizó en una marmita de vapor de acero inoxidable por 30 minutos a una temperatura de 63°C. Tras el tratamiento térmico se empleó una marmita con recirculación de agua fría para enfriar la leche, la temperatura fue monitoreada en cada momento con un termómetro de espiga calibrado.

#### **4.3.2. Prensa de quesos**

La cuajada se prensó en moldes cilíndricos de acero inoxidable de 17 cm de altura y 16 cm de diámetro utilizando una prensa neumática horizontal a una presión de 60 lb/plg<sup>2</sup> por 40 minutos a 30°C.

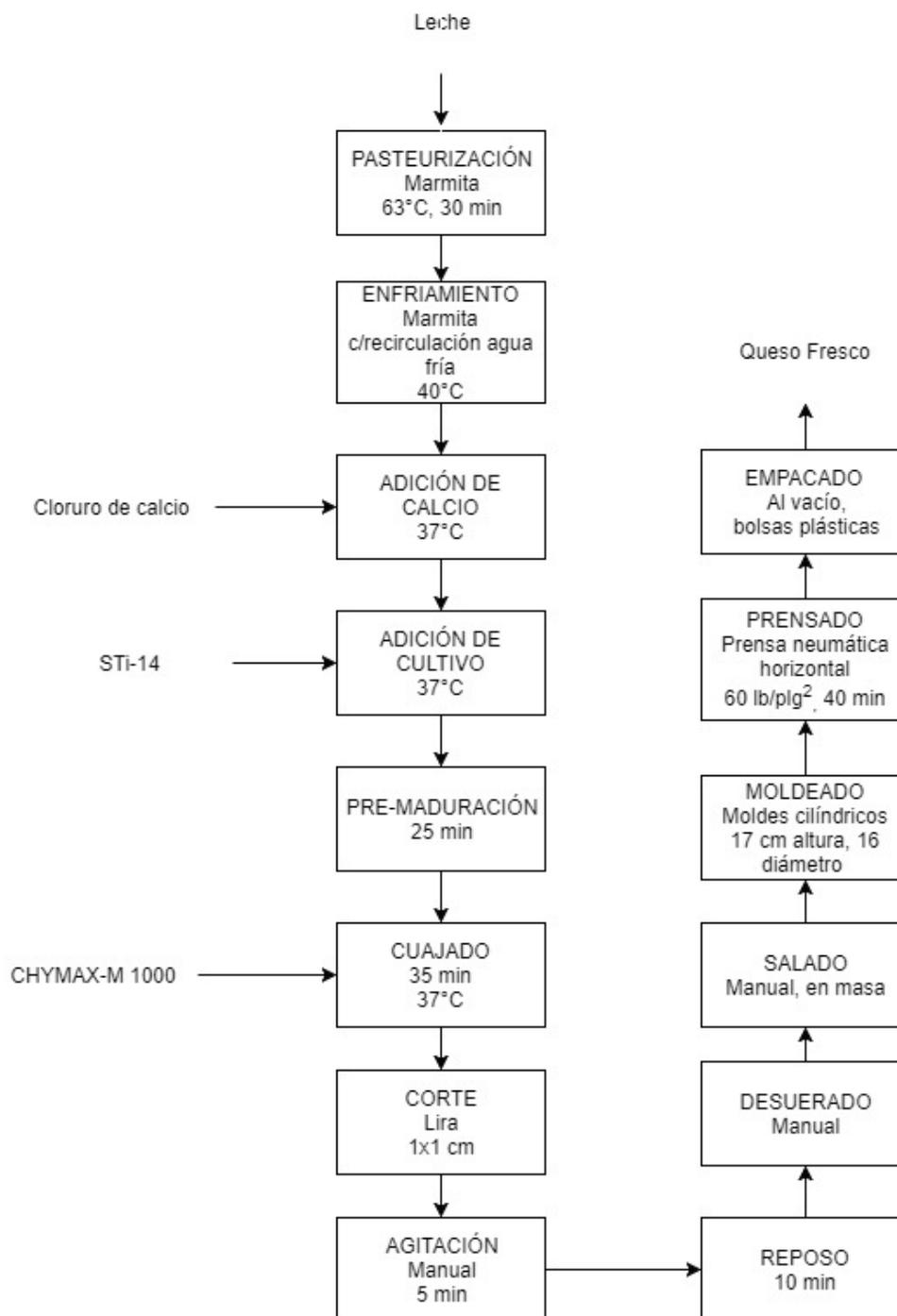
#### **4.3.3. Ekomilk**

Se utilizó un analizador ultrasónico de la marca Ekomilk, modelo MILKANA KAM98-A para realizar análisis de rutina a la leche entera cruda. Este equipo mide el contenido de grasa con una incertidumbre de  $\pm 0,1\%$ , el contenido de sólidos no grasos con una incertidumbre de  $\pm 0,2\%$ , la densidad de la leche con una incertidumbre de  $\pm 0,0005 \text{ g/cm}^3$ , el contenido de proteína con una incertidumbre de  $\pm 0,2\%$ , el punto de congelación con una incertidumbre de  $\pm 0,015^\circ\text{C}$ , y la cantidad de agua agregada con una incertidumbre de  $\pm 5\%$ . Los resultados del análisis de la leche entera se documentaron en el Cuadro IA en anexos.

#### **4.3.4. Texturómetro**

El texturómetro empleado fue del modelo TA. XT Plus de Stable Micro Systems, y se encontró acoplado al software Exponent versión 4.0.8.

#### 4.4. Proceso de elaboración de queso fresco



**Figura 3.** Flujo de proceso seguido en la elaboración de los tres lotes de queso fresco escala piloto (Modificación del flujo de proceso descrito por Mayorga (1992)).

## **V. METODOLOGÍA**

### **5.1. Pruebas preliminares**

#### **5.1.1. Evaluación de la variabilidad del proceso de manufactura de queso fresco a escala piloto**

Las pruebas preliminares iniciales consistieron en la elaboración de queso fresco a escala piloto con el propósito de la familiarización con el proceso de producción y se estandarizaran las condiciones de operación.

En dichas pruebas se elaboró queso fresco con diferentes concentraciones de NaCl añadido para la estandarización del proceso de producción del mismo y perfeccionamiento de la técnica, en cuatro ocasiones previas a las pruebas definitivas. En cada caso se recolectaron muestras para la medición de su contenido de sodio mediante absorción atómica como se describe en el apartado 5.2.2, con el propósito de medir la cantidad de sal que se retenía en el queso final con respecto a la cantidad de sal añadida en la cuajada.

#### **5.1.2. Escogencia del rango de concentración de cloruro de sodio (NaCl) a evaluar para la construcción de la curva psicofísica.**

El rango de concentraciones de NaCl fue escogido mediante pruebas preliminares y un panel informal, compuesto por cinco personas, que determinó 0,5% de sal añadida como la concentración más baja que podía detectarse como salado en un queso fresco y que se percibiera fácilmente y un 5,2% como la cantidad máxima de sal añadida que podía ser tolerada. Las concentraciones intermedias se determinaron multiplicando la concentración inferior por un factor de 1,6, definido entre la estudiante y el comité asesor, hasta obtener seis puntos en la curva, con el fin de obtener una progresión geométrica, que resulta en diferencias de concentración iguales en escala logarítmica.

La concentración del estímulo constante se definió en conjunto con el comité asesor, estableciéndolo así en 1,5% de NaCl por ser una concentración ampliamente utilizada en la formulación de quesos frescos costarricenses. El estímulo constante suele ser de

concentración intermedia en el ámbito de concentraciones evaluadas, debe haber concentraciones tanto mayores como menores, para así construir la curva psicofísica.

## **5.2. Análisis químicos**

### **5.2.1. Preparación de la muestra**

Muestras de los quesos elaborados a escala piloto con las concentraciones definidas de tres lotes fueron analizadas químicamente, para conocer el contenido final de NaCl, así como su humedad, puesto que se observó en pruebas preliminares gran variación del contenido final de NaCl en el queso con respecto al agregado por formulación.

Para esto fueron almacenadas en refrigeración, posteriormente cortadas en trozos, procesadas en una licuadora, cuarteadas y pesadas en una balanza analítica digital. Se colocaron en la estufa para llevar a cabo un pre-secado a 60°C por 24 horas.

### **5.2.2. Medición de sodio**

Se colocaron las muestras pre-secadas en la mufla a 550°C hasta obtener las cenizas blancas. Seguidamente se aplicó el Método 985.35 AOAC: Espectrofotometría de Absorción Atómica de llama (AOAC, 2012) para lo cual se diluyeron las cenizas en HCl, se realizó un transvase cuantitativo a balones de 50,00 ml y posteriormente se transvasó a balones de 5,00 ml en los cuales se agregó la muestra y cloruro de cesio como supresor. En todos los casos se utilizó agua mili Q para aforar y se inyectó al espectrofotómetro de absorción atómica modelo Agilent 280 FS AA.

### **5.2.3. Medición de humedad**

Se colocaron las muestras pre-secadas en una estufa a 100°C hasta llegar a masa constante para la obtención de la humedad por diferencia de masa.

### 5.3. Determinación del umbral de diferencia (JND)

#### 5.3.1. Preparación de las muestras

Las muestras se elaboraron tres días antes de ser servidas en el panel sensorial. Para los siete quesos con diferente concentración de sal añadida (de 0,5% a 5,2%) se cortaron trozos cúbicos de 1,5 cm de cada lado y se mantuvieron en refrigeración hasta el momento de la prueba.

En todas las pruebas de diferenciación se utilizó el queso de menor concentración como “*primer*” o iniciador, por lo que adicionalmente se presentó un trozo cúbico de 2 cm de lado a cada panelista con el fin de que el iniciador alcanzara para que el panelista fuera capaz de tomar un mordisco antes de cada par de muestras.

El área de preparación de las muestras fue independiente del área donde se llevó a cabo la evaluación de las mismas, las muestras fueron aleatorizadas, codificadas y balanceadas con ayuda del programa FIZZ 2.0 Biosystems, por lo que en ningún momento los panelistas pudieron identificar qué tipo de muestra se les estaba proporcionando.

#### 5.3.2. Método de análisis

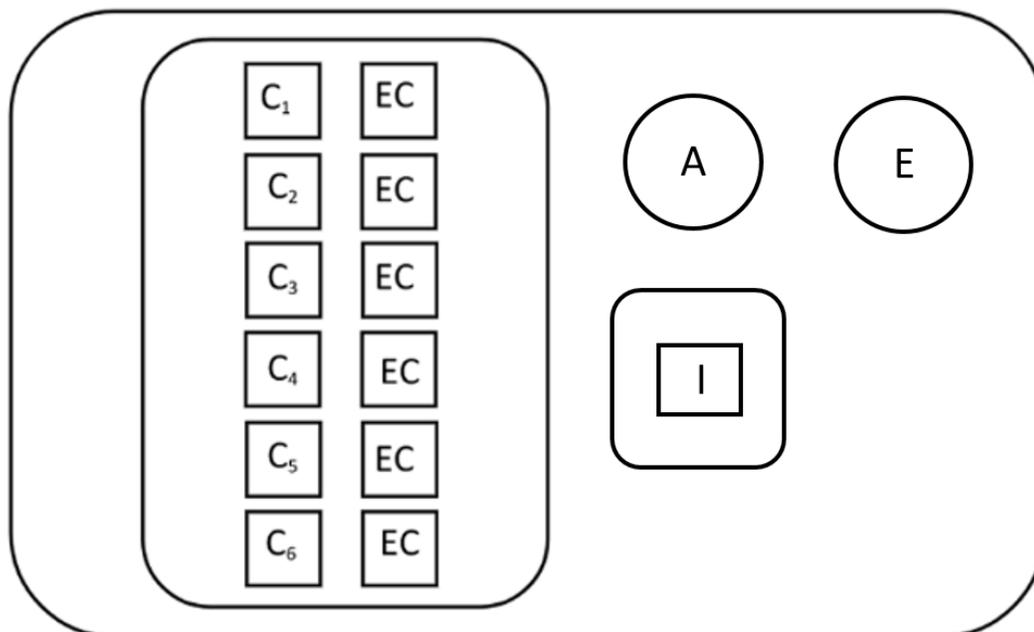
Para la determinación del umbral de diferencia del cloruro de sodio en queso fresco se utilizó el método de estímulo constante mediante la utilización de una prueba de escogencia forzada 2-AFC con la utilización de un iniciador, donde el estímulo constante fue el queso de concentración de sal regular (1,5%).

Se realizó un panel sensorial con 40 panelistas no entrenados que se escogieron tomando en cuenta un  $d' = 1$ , un  $\alpha = 0,05$  y una potencia de 0,95 (Ennis *et al.*, 2014). Se sirvieron seis pares de muestras, de las cuales seis muestras de queso correspondían al producto con diferente concentración agregada de NaCl y su pareja correspondía al queso con concentración estándar de sal denominado “estímulo constante” tal y como se observa en el **Cuadro I** que se presenta a continuación:

**Cuadro I.** Estímulos utilizados en la prueba de umbral de diferencia mediante el método del estímulo constante, para la determinación del cambio apenas perceptible de cloruro de sodio en queso fresco (JND).

	<b>Estímulos</b>	<b>Concentración de NaCl añadida (%)</b>
<b>Variables</b>	C <sub>1</sub>	0,5
	C <sub>2</sub>	0,8
	C <sub>3</sub>	1,3
	C <sub>4</sub>	2,0
	C <sub>5</sub>	3,3
	C <sub>6</sub>	5,2
<b>Constante</b>	EC	1,5

Los pares de muestras fueron presentados a cada panelista como se muestra en la **Figura 4**. Para estandarizar las condiciones previas a la prueba se empleó un iniciador que, como se indicó en la sección anterior, correspondió al estímulo menos intenso. Para cada par se le solicitó al panelista que indicara cuál muestra consideraba más salada y entre cada par de muestras una vez que las mismas fueron tragadas, se solicitó hacer un enjuague con agua, además se contó con un tiempo de espera de 10 segundos tras cada enjuague para evitar efectos como acarreamiento y adaptación, además de que se restaurara la saliva antes de la siguiente prueba.



**Figura 4.** Ejemplo de bandeja proporcionada a los panelistas para la determinación de umbral de diferencia. “A” representa el vaso con agua y “E” el vaso para expectorar los enjuagues proporcionado a los panelistas, mientras que “I” corresponde al iniciador, el orden de presentación de las muestras fue aleatorizado.

### 5.3.3. Análisis de datos

Para estimar el umbral de cloruro de sodio en queso fresco se graficó el porcentaje de los jueces que escogió como más salado la muestra distinta al estímulo constante en el eje Y contra el porcentaje de NaCl en el eje X; posteriormente, se calculó la línea de mejor ajuste y con ésta se interpoló la concentración de sodio entre el 87,5% y 62,5% del eje Y, seguidamente este valor se dividió entre un factor de dos para obtener el umbral de diferencia.

Este umbral de diferencia se midió tres veces; es decir, se evaluaron tres lotes de cada curva psicofísica.

## 5.4. Validación sensorial del umbral de diferencia de los quesos frescos mediante una prueba de diferenciación

### 5.4.1. Método de análisis

El diseño experimental de la prueba de validación de la reducción de cloruro de sodio fue un diseño irrestricto aleatorio de un factor con dos niveles (reducido y sin reducir).

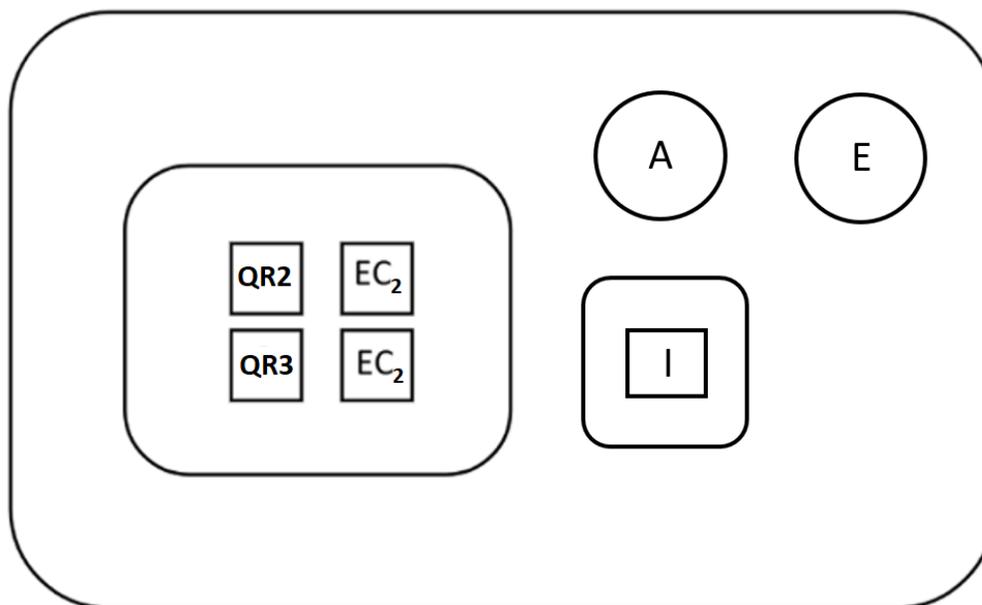
Para esta prueba de validación se elaboraron tres réplicas del queso con la concentración reducida de NaCl (QR1, QR2, Y QR3), esta concentración de NaCl añadido se calculó a partir del JND como se explicó anteriormente, y tres réplicas del queso de formulación estándar (EC1, EC2, Y EC3).

Debido a la variación del contenido final de NaCl en el queso con respecto al agregado por formulación, se evaluaron todas las posibles combinaciones entre las réplicas de pares de quesos reducidos con quesos de formulación estándar mediante un panel sensorial informal preliminar de cinco personas. Se definió que los pares en los que la diferencia en la sensación salada percibida era menor fueron QR2-EC2 y QR3-EC2, ya que hubo unas muestras que al compararlas se percibían notoriamente más saladas y por lo tanto no fueron escogidas. Se decidió que se iban a presentar ambos pares de muestras para que el primer par sirviera de práctica al panelista y el QR1 se utilizó como iniciador pues la sensación salada percibida era baja para la mayoría de los panelistas del grupo informal.

Se efectuó un panel sensorial de diferenciación con 40 panelistas que se escogieron tomando en cuenta un  $d' = 1$ , un  $\alpha = 0,05\%$  y una potencia de 0,95 (Ennis *et al.*, 2014). Se aplicó la prueba de 2-AFC con el fin de comparar entre el queso de concentración de sodio estándar contra dos réplicas de queso con contenido reducido de sodio.

Los trozos de queso fresco se presentaron de la misma forma y tamaño que en el primer panel y fueron presentados en una bandeja como se muestra en la **Figura 5**. Cada muestra fue debidamente codificada con un número de tres dígitos, en cada par una de las muestras correspondía a la muestra de concentración de cloruro de sodio estándar o estímulo

constante y la otra correspondió a la muestra con la concentración de cloruro de sodio reducido. En dicha prueba se le solicitó al panelista que indicara cuál muestra de cada par consideraba más salada.



**Figura 5.** Ejemplo de bandeja proporcionada a los panelistas para la validación del umbral de diferencia por medio de una prueba 2AFC. “A” representa el vaso con agua y “E” el vaso para expectorar los enjuagues proporcionados a los panelistas, mientras que “I” corresponde al iniciador, “QR” hace referencia a los quesos reducidos y “EC” al estímulo constante.

#### 5.4.2. Análisis de datos

Los datos recopilados en la prueba de discriminación se analizaron para determinar si hubo diferencias significativas entre los pares de productos presentados con la ayuda de la prueba binomial para lo cual se usaron las tablas del número mínimo de aciertos desarrolladas por Ennis *et al.* (2014). Adicionalmente, se determinó el  $d'$ , o la distancia percibida entre los dos productos, utilizando la proporción de respuestas correctas, y el grado de significancia; empleando la tabla desarrollada por Ennis *et al.* (2014).

## 5.5. Prueba de agrado general

### 5.5.1. Método de análisis

Se encontró diferencia en la prueba de validación, y por lo tanto, se realizó un panel de agrado general. El diseño experimental de esta prueba fue un diseño irrestricto aleatorio de un factor con cuatro niveles, los niveles correspondieron a cuatro quesos evaluados. Dos de las muestras eran los quesos reducidos en sodio, evaluados previamente en la prueba de validación (QR2 y QR3), una era el estímulo constante (EC) y la otra a una muestra comercial de queso (QC), que fue elegido por ser la marca de mayor consumo a nivel nacional. La muestra comercial se utilizó como un control para interpretar los números de la escala hedónica, que se consideran relativos.

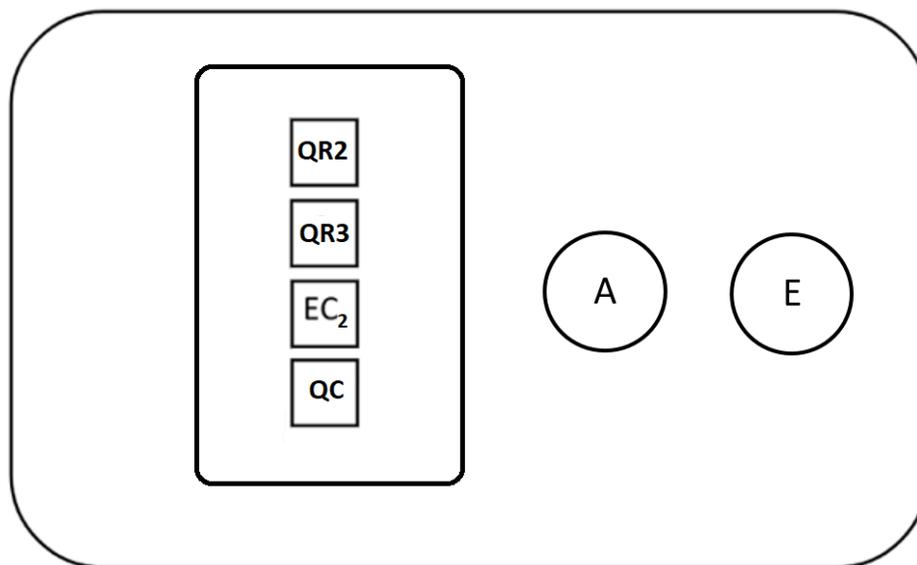
Dichas muestras fueron sometidas a un panel sensorial de agrado general tal y como se muestra en la **Figura 7**. Cada muestra evaluada fue codificada con un número de tres dígitos y se sirvieron de forma aleatoria.

El panel estuvo compuesto por 138 panelistas no entrenados, consumidores de queso fresco, y se empleó la escala lineal continua de 10 cm como se muestra en la **Figura 6**, llamada escala hedónica híbrida para la evaluación de cada producto (Arce, 2011).

El número de consumidores se escogió tomando en cuenta una potencia de 95%, una significancia de 5% y una diferencia entre las medias buscada de 0,1 (Hough *et al.*, 2006).



**Figura 6.** Ejemplo de escala lineal continúa utilizada en la prueba de agrado general de queso fresco.



**Figura 7.** Ejemplo de bandeja a presentada a los panelistas en la prueba de agrado general. “A” representa el vaso con agua y” E” el vaso para expectorar los enjuagues proporcionados a los panelistas, “QR” hace referencia a los quesos reducidos, “EC” al estímulo constante y “QC” al queso comercial servido.

### 5.5.2. Análisis de datos

Los valores de agrado en la escala proporcionada a los panelistas se midieron mediante la longitud de la marca establecida, siendo el origen (cero) y la marca vertical realizada el valor de agrado general, se recopilaron los datos traduciendo dicha línea vertical trazada por los panelistas a una medida en centímetros utilizando el programa FIZZ.

Se aplicó un análisis de conglomerados para agrupar a los consumidores en grupos más homogéneos en cuanto a agrado y a cada conglomerado se le aplicó un ANDEVA, seguido por una prueba de comparación de medias de Fischer LSD.

## **5.6. Efecto de la reducción de sodio sobre el perfil de textura y desuerado de un queso fresco**

### **5.6.1. Método de análisis**

Para evaluar el efecto de la concentración de sodio sobre el perfil de textura, rendimiento y desuerado de un queso fresco se empleó un diseño unifactorial de bloques completos al azar de siete niveles, que correspondieron a las seis concentraciones de sodio empleadas en la prueba de umbral de diferencia (JND) y la concentración del queso con la reducción de sodio.

Como variables respuesta se emplearon las propiedades texturales propias del TPA (fracturabilidad, dureza, cohesividad, adhesividad, elasticidad y masticabilidad). Para este experimento se realizaron ocho repeticiones de la medición a tres bloques que correspondieron a los lotes de producción.

Se prepararon las muestras de queso de la siguiente manera: se cortaron uniformemente en cubos de 2 cm de lado y se almacenaron a 5°C hasta el momento del análisis (por no más de tres días).

Se determinó el perfil de textura para cada muestra de quesos frescos elaborados a escala piloto, para esto se utilizó el Texturómetro TA. XT Plus de Stable Micro Systems acoplado al software exponent versión 4.0.8.

Se aplicó la secuencia de análisis de perfil de textura utilizando una celda cilíndrica de 5 cm de diámetro y de 50 kg. La compresión del queso se realizó a una velocidad de 120 mm/min antes de la prueba, 60 mm/min durante y después de la prueba. Se realizó en dos ciclos hasta llegar a un centímetro con cinco segundos de reposo entre ciclos y, finalmente, se midieron las siguientes propiedades: dureza, cohesividad, adhesividad, elasticidad, y masticabilidad, similar a la condiciones usadas por Chacón & Pineda (2009).

En el caso de la medición del grado de desuerado que ocurre durante el almacenamiento se pesó el producto el día de producción y al día 3, al día 6, día 7, día 8, día 9, día 10 y día

11. De esta manera, mediante una diferencia de masas con respecto al día cero, se determinó el porcentaje de pérdida de masa. Las muestras de queso fueron de aproximadamente 100 g de queso empacado al vacío y almacenado en refrigeración a 4°C.

El diseño experimental fue un diseño de bloques completos al azar, con tres bloques y un arreglo factorial de dos efectos y su interacción, donde un factor correspondió a concentración de NaCl ya fuera añadida, o medida en el producto final y el otro factor correspondió al tiempo, ambos empleados como variables continuas.

### **5.6.2. Análisis de datos**

Para determinar la relación entre la concentración de sodio (tanto la final como la añadida por formulación) y cada uno de los parámetros de textura del TPA (parámetros de dureza, adhesividad, cohesividad, masticabilidad y elasticidad) y humedad se aplicó un análisis de regresión. Se utilizó un  $\alpha$  de 0,05%.

Se utilizó un análisis multivariado para determinar la correlación entre las siguientes variables: cantidad de NaCl añadida, cantidad de NaCl medida en el producto final, pérdida de NaCl, concentración de NaCl en el suero, rendimiento y humedad.

El análisis de datos de la pérdida de suero a lo largo del tiempo se hizo por medio de una regresión lineal con un  $\alpha=0,05\%$ .

## **VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **6.1. Pruebas preliminares**

La evaluación de la variación del contenido final de NaCl en el queso con respecto al agregado de acuerdo a la formulación, mediante pruebas preliminares, fue medular para la realización de los objetivos de la presente investigación ya que permitió evidenciar que la concentración de NaCl añadida de acuerdo a la formulación disminuyó en el producto final. Esta pérdida que se dió durante el proceso generó gran variabilidad entre lotes y además a mayor concentración fue observada mayor variación del contenido final de NaCl en el queso con respecto al agregado, como se observa en la **Figura 1A** en anexos.

Adicionalmente, es importante resaltar que conforme se obtuvo mayor experiencia en la elaboración de queso fresco, cada vez la pérdida de NaCl fue menor, como lo muestra la diferencia entre la cantidad de sal añadida y la medida en el producto final que fue mayor en el lote 1 que en el lote 3 (ver **Figura 2A** en anexos).

### **6.2. Determinación del umbral de diferencia apenas perceptible (JND) para la reducción de sodio en un queso fresco elaborado a escala piloto**

Debido a la variabilidad provocada por la pérdida de NaCl discutida anteriormente, se realizaron tres paneles de diferenciación con el fin de determinar el JND para tres lotes distintos como se muestra en el **Cuadro II**.

**Cuadro II.** Umbral de diferencia apenas perceptible (JND) de NaCl añadido por formulación determinado mediante la metodología de estímulo constante empleando pruebas de diferenciación para tres lotes de queso fresco elaborado a escala piloto.

<b>Lote</b>	<b>JND (%)</b>
<b>1</b>	0,24
<b>2</b>	0,28
<b>3</b>	0,39
<b>Promedio** ± DE*</b>	0,26 ± 0,02

\*DE: Desviación estándar

\*\* El promedio utilizado fue entre el JND del lote 1 y el lote 2.

Cabe señalar que como parte de la metodología se tomaron precauciones con el fin de mitigar el efecto de adaptación en la determinación del umbral de diferencia de los productos evaluados que puede ocurrir debido al comportamiento de los iones de sodio descrito por O'Mahony y Godman (1974).

También es importante resaltar que se utilizó el promedio del umbral de diferencia con el fin de tomar en cuenta la variabilidad de proceso y que el umbral del lote 3 (0,39%) no fue tomado en cuenta dentro del promedio que se utilizó para calcular la reducción de NaCl ya que presentó una variación anormal con respecto a los otros dos umbrales, y a las pruebas preliminares. Se dedujo que, al evaluarse quesos tan similares con respecto a los otros dos paneles, esta diferencia del valor del JND se podía adjudicar a la baja sensibilidad de los panelistas que participaron en la tercera prueba.

Adicionalmente se consideró que, al tomar esta decisión, se estaba usando un criterio más estricto ya que el umbral del lote 1 y 2, era más pequeño y, por ende, se trataba de panelistas más sensibles, lo que quiere decir que, si una diferencia no hubiera sido percibida por el grupo más sensible, tampoco hubiera sido percibida por el grupo menos sensible, ya

que éste necesitaría una mayor diferencia de concentración para poder detectar el cambio del estímulo.

Es importante aclarar que conforme mayor es la variabilidad de un proceso, lo cual se traduce en la variabilidad de las características del producto entre lotes, más difícil es para los jueces detectar diferencias. Por lo que se recomienda que la diferencia entre los dos productos que se desea evaluar sea mayor a la diferencia que hay entre un mismo producto (que corresponde a la variabilidad o error) (Lee & O'Mahony, 2004).

Conociendo la variabilidad natural del proceso de elaboración del queso fresco, y tomando en consideración lo antes mencionado, se decidió comparar los valores de JND de los tres lotes (ver **Cuadro II**) contra los rangos de variación en la concentración de NaCl medida en el producto final que había entre lotes (ver **Cuadro III**); y se determinó que estos rangos de variación se hicieron más amplios conforme aumentó la cantidad añadida de NaCl. Esto quiere decir que la variabilidad del proceso aumentó conforme mayor fue la adición de NaCl lo que haría que se si se inicia con una concentración estándar de cloruro de sodio más alta el JND se volvería más inestable y sería más difícil medirlo.

La inestabilidad del JND se provocó debido a que, al existir una elevada variabilidad, el contenido de NaCl del producto varió entre lotes y, por ende, lo hizo la percepción del panelista, lo que lo llevó a evaluar diferente los productos, traduciéndose en valores de JND distintos entre sí.

Por lo tanto, conforme menor fue la cantidad de NaCl añadida, los rangos de variación fueron menores y, por ende, el JND fue más estable. Esto resulta favorable, ya que el objetivo de la presente investigación era la reducción del contenido de sodio, y por lo tanto, el ámbito de concentraciones donde se escogería la nueva concentración de sal correspondía a las concentraciones bajas de NaCl y era precisamente donde la variabilidad entre los lotes se encontraba por debajo del umbral, lo que quiere decir que la diferencias causadas por la variación natural del proceso eran difícilmente percibidas por los consumidores.

**Cuadro III.** Variabilidad de la concentración de NaCl entre lotes, medida en el producto final para cada queso fresco elaborado a escala piloto con diferentes concentraciones de sal añadida de acuerdo con la formulación, con base en las concentraciones de sodio medidas en el producto final para tres lotes (Cuadro VA).

<b>NaCl añadida por formulación (%)</b>	<b>Rango de variación de concentración de NaCl entre los tres lotes (%)</b>
<b>0,5</b>	0,02- 0,14
<b>0,8</b>	0,06 - 0,18
<b>1,3</b>	0,05 – 0,14
<b>2,0</b>	0,01 – 0,34
<b>3,3</b>	0,26 – 0,71
<b>5,2</b>	0,47 – 1,15

Cabe aclarar que el umbral de cloruro de sodio encontrado en la presente investigación podría variar en el tiempo, ya que según López (2014) , el medio ambiente desempeña una función más importante que la genética en las diferencias individuales en los umbrales de reconocimiento de sal y ,por lo tanto, a través de la disminución de la exposición, se puede modificar la sensibilidad. Esto último es primordial, pues es una confirmación de la posibilidad de continuar reduciendo el contenido de sodio de manera gradual tomando en cuenta que a partir de determinado punto ya no se va a poder reducir más ya que la diferencia va a empezar a ser notoria (Cruz *et al.*, 2011) y además podría afectar otros factores, como la vida útil del producto.

### **6.3. Validación sensorial de la reducción de cloruro de sodio**

El valor de JND, al ser el mínimo cambio necesario de la concentración de un estímulo para producir una diferencia apenas perceptible, corresponde a la máxima reducción del contenido de cloruro de sodio posible con respecto a la concentración estándar o estímulo

constante que el consumidor puede apenas percibir y que, por lo tanto, probablemente no rechazaría.

Por lo tanto, el JND promedio encontrado (ver **Cuadro II**) se le restó a la concentración promedio de estímulo constante, para obtener la concentración con el mayor grado de reducción de NaCl, y entonces, a dicha concentración se le sumó un 0,015% que correspondió al factor de seguridad. Este factor de seguridad se escogió arbitrariamente, tomando en cuenta que cualquier aumento de NaCl, podría ayudar a incrementar, en un nivel pequeño, la sensación salada.

Dicho factor de seguridad se empleó con el fin de aumentar sutilmente la concentración de NaCl del producto reducido con el propósito de que la diferencia entre el producto reducido y la concentración del estándar fuera ligeramente menor que el umbral encontrado, pues no se deseaba que el consumidor percibiera esta diferencia, pero a la vez se pretendía reducir el contenido de cloruro de sodio lo más posible.

Como se ha comentado, al encontrar diferencias entre el contenido de NaCl añadido y el medido en el producto final, fue necesario estimar mediante una interpolación dicha diferencia o “pérdida” de NaCl de los quesos con concentraciones similares al queso reducido en sodio.

La pérdida estimada se le sumó a la concentración de NaCl deseada en el producto final para así se determinar cuánto NaCl se debía agregar en la formulación del queso para la obtención del queso reducido en sodio para la prueba de validación.

Se llevó a cabo una prueba de diferenciación con el fin de validar el umbral encontrado, para esto se elaboraron tres quesos de concentración reducida (QR1, QR2, QR3), con el fin de validar que al realizar la reducción la diferencia entre las réplicas fuera menor que el umbral.

A las tres repeticiones de queso reducido en sodio se les añadió un 1,07% de NaCl, que representa una reducción del 31,2% mientras que el queso de concentración estándar o

estímulo constante (EC) de 1,5% de NaCl añadida por formulación. A cada uno de ellos se les midió su contenido de NaCl, mediante absorción atómica en el producto final, dichos datos se presentan el **Cuadro IV**.

**Cuadro IV.** Cantidad de NaCl añadida de acuerdo a la formulación y medida en el producto final para cada uno de los quesos elaborados a escala piloto para la validación del umbral de diferencia apenas perceptible encontrado

<b>Muestra</b>	<b>NaCl añadida (%)</b>	<b>NaCl Producto final (%m/m)</b>
QR1	1,07	0,81
QR2	1,07	0,86
QR3	1,07	0,78
EC	1,50	1,25

Como se observa en el **Cuadro IV** las diferencias entre las concentraciones de NaCl medido en el producto final para las tres réplicas de quesos reducido en sodio se encontraron por debajo del JND; por lo tanto, fue posible afirmar que la metodología tuvo aplicabilidad a pesar de la variabilidad natural del proceso.

A continuación, se presentan los pares de muestra servidos en el panel de diferenciación empleado para la validación de la reducción de NaCl. El primer par correspondió al EC-QR3, y fue considerado como un par de práctica y el segundo par correspondió al EC-QR2, mientras que el QR1 fue empleado como el iniciador de la prueba.

**Cuadro V.** Contenido de NaCl medido en el producto final de cada muestra en cada par servido a los panelistas, diferencia de concentración de NaCl entre muestras, número de aciertos obtenidos en la prueba de diferenciación,  $d'$  y grado de reducción de NaCl logrado.

Pares servidos	NaCl medido en el producto final (%)		Diferencia de concentración (%)	Aciertos	$d'$	Reducción de NaCl (%)
	Estímulo constante	Queso Reducido	(%)			(%)
Práctica	1,25	0,78	0,47	36/40	1,81	37,6
2	1,25	0,86	0,39	40/40	>5,19	31,2

Esta prueba de validación corrobora lo expuesto desde el inicio con respecto a la dificultad de preparar el queso con la concentración exacta de NaCl en el producto final, debido a la variabilidad provocada por las pérdidas que se dan durante su manufactura. Por lo que, a pesar de las precauciones, los quesos perdieron más sal de lo que se esperaba (incluso llegaron a tener una diferencia del doble de lo que se esperaba) y, por lo tanto, las diferencias de concentración de NaCl en el producto final entre las muestras fueron mayores que el JND.

Los resultados obtenidos de la prueba de diferenciación se muestran en el **Cuadro V**. Según Ennis et al. (2014) el número de aciertos para establecer significancia con un nivel de probabilidad de 0,05 es de 26, por lo que se encontró diferencia significativa, lo cual se esperaba, pues al presentar una diferencia mayor al umbral encontrado (0,26%), las diferencias resultaron más evidentes.

Según O'Mahony y Rousseau (2003) un  $d'$  de 1 es un valor cercano al umbral psicofísico, por lo que por encima de un  $d'$  de 2, la diferencia resulta bastante notoria para el panelista, como sucedió en este caso, por lo que era de esperarse que los panelistas detectaran la diferencia, al estar por encima del umbral.

Como se muestra en el **Cuadro V** a pesar de que se presentaron dos pares de muestras a los panelistas similares entre ellos, se obtuvieron valores de  $d'$  considerablemente diferentes. Este resultado se puede asociar a un efecto de práctica o “warm up effect” debido a que el par de práctica siempre fue servido de primero y, por ende, una vez que el panelista probaba el par 2, había adquirido práctica y mostraba un mejor desempeño y por lo tanto el  $d'$  era mayor (O'Mahony, comunicación personal, 18 de octubre del 2017).

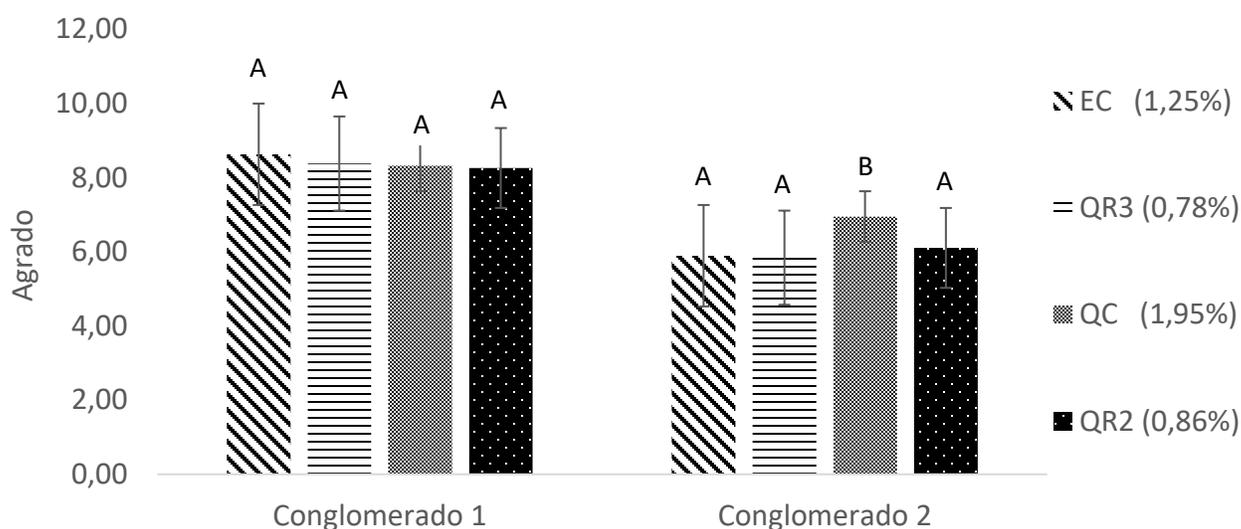
Otros autores han decidido eliminar el primer par y tomar el segundo como el  $d'$  verdadero (Ramírez, 2016). En este caso el  $d'$  verdadero correspondería a  $d' > 5,19$ ; sin embargo, es importante recordar que como se observa en el **Cuadro V**, la proporción de aciertos para el par de práctica y el par 2 fue ligeramente diferente y, sin embargo, el  $d'$  resultó sumamente distinto, llevando al lector a pensar que se trata de dos productos extremadamente diferentes y esto puede mal interpretarse. Si bien los productos resultaron significativamente distintos, el  $d'$  en este caso no representó correctamente la magnitud de la diferencia debido a que la relación entre el  $d'$  y la proporción de respuestas correctas no es lineal y, por lo tanto, para diferencias no tan confundibles (como las encontradas de esta investigación) el  $d'$  debe analizarse bajo esa premisa (O'Mahony, comunicación personal, 18 de octubre del 2017).

Como los consumidores fueron capaces de reconocer la diferencia entre el queso de concentración estándar y los quesos reducidos, se procedió a realizar una prueba de agrado general con el fin de conocer si esta diferencia encontrada generaba rechazo por parte de los consumidores.

En la prueba de agrado general se evaluaron cuatro productos, los quesos reducidos 2 y 3, el estímulo constante y un queso comercial. Éste último se incluyó con el propósito de conocer el agrado de los consumidores por un queso de la marca mejor posicionada en el mercado costarricense (Ching, 2016). Por lo que sirve como referencia, ya que como es sabido, los consumidores usan la escala de manera comparativa y, por lo tanto, al aplicar escalas hedónicas sólo se logra conocer el agrado relativo entre los productos (Wichchukit

& O'Mahony, 2015), al evaluar el queso comercial en conjunto con las muestras se aporta contexto a la evaluación y se puede interpretar la escala de forma relativa.

Como se observa en la **Figura 8** según las evaluaciones de agrado, el grupo de 138 panelistas se dividió en dos conglomerados, uno, denominado el conglomerado 1, que estuvo compuesto por 78 personas, y que representó el 57% de los panelistas, y el conglomerado 2 compuesto por 60 personas, que correspondieron al 43% de los participantes.



**Figura 8.** Agrado general de los panelistas de ambos conglomerados para los cuatro quesos frescos, donde “QC” corresponde a un queso comercial, “EC” al Estímulo Constante, y “QR2” y “QR3”, representan los quesos reducidos 2 y 3 respectivamente. En los paréntesis se señala su respectiva concentración de NaCl

Como se muestra en la **Figura 8** los promedios de agrado general para cada producto fueron muy similares y, por lo tanto, no existió una diferencia significativa ( $p > 0,05$ ). Esto quiere decir que a los panelistas del conglomerado 1, que corresponde grupo mayoritario (57%), les gustaron todos los quesos por igual. Esto fue un resultado sumamente positivo para los propósitos de esta investigación, pues esto evidenció que a pesar de que eran capaces de reconocer una diferencia entre los quesos, esto no generó rechazo, si no por el contrario,

el agrado se encontró al nivel del queso comercial de la marca de productos lácteos mejor posicionada en el mercado nacional (Ching, 2016; Pomareda, 2016).

Resultados similares encontraron Ishii *et al.* (2014) cuando, al realizar un estudio de un caso para un jugo de manzana, se dieron cuenta que a pesar de que los consumidores no encontraban diferencias entre los productos podían fácilmente establecer relaciones de preferencia entre ellos y concluyeron, por lo tanto, que un resultado significativo o no significativo en una prueba de diferencia por sí sólo no garantiza una buena predicción de la reacción de los consumidores al cambio.

En la **Figura 8** se observa que para el conglomerado 2, el queso comercial (QC) fue significativamente ( $p \leq 0,05$ ) más gustado para un 43% de los participantes, lo cual a la vez coincide con que se trató del queso con mayor contenido de sal. Villamil *et al.* (2015) en su estudio de pruebas afectivas para quesos reducidos en sodio observaron el mismo comportamiento, a mayor contenido de sal (0% y 27% de reducción partiendo de un queso de 1,5% de NaCl) se obtienen las mejores calificaciones.

Es importante resaltar que el queso fresco no tiene un perfil de sabor muy complejo; de hecho, algunos autores caracterizan su sabor como insípido (Ramírez *et al.*, 2017), otros autores describen su sabor como “leve sabor a leche y ligeramente salado” (Clark *et al.*, 2008) y, por lo tanto, al reducir su contenido de sodio, sabores ácidos o amargos resultan más evidentes no sólo porque no posee otros ingredientes que los enmascaren, sino porque según Ramírez *et al.* (2017), el queso bajo en sodio, a menudo se relaciona con la producción de una clase particular de péptidos, que pueden derivarse de un deterioro atípico de las proteínas de la leche. Sin embargo, al nivel de reducción efectuado (31,2%), no se detectó la presencia evidente de sabores amargos en las degustaciones del queso previas al panel, lo cual es un resultado positivo para los objetivos de esta investigación.

El conglomerado 2 podría estar compuesto por consumidores acostumbrados a consumir productos con alto contenido de sal, pues según López (2014) los individuos que consumen

una dieta alta en sal parecen requerir una mayor concentración de esta para obtener la sensación salada haciendo más posible para ellos inclinarse por el queso más salado.

Es importante resaltar que no hubo diferencia significativa ( $p>0,05$ ) entre el agrado de los quesos reducidos y el estímulo constante, lo que fue un buen indicador para los propósitos de la presente investigación ya que esto quiere decir que se logró validar la reducción de NaCl, a pesar de encontrar diferencias significativas en las pruebas de diferenciación, pues parece que estas diferencias no resultaron tan importantes para modificar el agrado de los consumidores.

Con los resultados obtenidos se puede afirmar que con la metodología aplicada se logró una reducción de un 31,2% de cloruro de sodio. No existe mayor información en la literatura para queso fresco; sin embargo, los resultados obtenidos en la presente investigación fueron similares a lo observado en queso cottage por Janewyatt (1983) quien concluyó que una reducción de un 35% (de 1% a 0,65%) no influyó la evaluación sensorial de los consumidores; sin embargo, reducciones de 50% presentaron baja aceptación comparados con el control. Por otro lado, en queso cheddar se determinó que los consumidores fueron capaces de distinguir reducciones de hasta 30% de NaCl (Ganesan *et al.*, 2014). Mientras que Cruz *et al.* (2011) encontraron que una reducción de sal en queso cheddar hasta 0,7% (partiendo de un 4,1% de NaCl en el queso original) volvía los quesos muy viscosos, ácidos, amargos, en general desagradables.

Villamil *et al.* (2016) en su estudio concluyeron que es posible la reducción de hasta un 67% de sal en un queso fresco semi-magro sin afectar la textura; sin embargo, no evaluaron sensorialmente los productos reducidos.

A pesar de que en la presente investigación se logró una reducción mayor al 25% mínimo que estipula el Reglamento de Etiquetado Nutricional RTCA 67.01.60.10 (2011), para poder denominar el producto como “Queso reducido en sodio”, es importante tomar en cuenta que esto podría afectar la percepción del consumidor hacia el producto así como se evidenció en un estudio realizado por Velasco y Tárrega (2013), en el cual se determinó que

los consumidores mostraron un mayor interés por los quesos convencionales que por los quesos con características nutricionales especiales. Los quesos con contenido de sal reducido fueron los que encontraron menos atractivos, al menos en Queso Manchego, aunque el consumidor valoró positivamente la declaración de reducido en grasa, pero no así la de reducido en sodio.

En otro estudio más reciente realizado por De-Magistris y López (2016) encontraron los mismos resultados, donde los consumidores estaban dispuestos a pagar más por los quesos etiquetados como “bajos en grasa”, mientras los quesos etiquetados como bajos en sodio fueron valorados negativamente.

Adicionalmente, la utilización de una declaración de “reducido en sodio” resulta ría contradictoria para los fines de esta investigación debido a que la orientación de la metodología empleada fue hacia la reducción de sodio sin afectación en su evaluación sensorial; o sea se buscó hacer la reducción de cloruro de sodio a nivel de umbral para garantizar que los consumidores no percibieran esa diferencia.

#### **6.4. Efecto de la reducción de sodio en el queso fresco elaborado a escala piloto sobre el perfil de textura y el desuerado durante el almacenamiento.**

A continuación, se presentan los resultados del análisis multivariado empleado para la determinación de la correlación entre múltiples variables relacionadas en la elaboración de queso fresco a escala piloto. Se estableció el valor crítico del coeficiente de correlación como 0,8114 empleando un  $\alpha = 0,05\%$  para una prueba de dos colas y un  $df = 4$  (O'Mahony, 1986).

**Cuadro VI.** Tabla de coeficientes de correlación entre las diferentes variables relacionadas con la elaboración de queso fresco a escala piloto.

<b>Variables</b>	<b>NaCl añadido (%)</b>	<b>NaCl queso final (%)</b>	<b>Humedad (%)</b>	<b>Rendimiento (%)</b>	<b>Pérdida NaCl (%m/m)</b>	<b>NaCl en el suero (%)</b>
NaCl añadido (%)	1,0000	<b>0,9625*</b>	-0,4199	-0,0946	<b>0,9419*</b>	<b>0,9524*</b>
NaCl queso final (%)		1,0000	-0,3483	0,0282	<b>0,8155*</b>	<b>0,9124*</b>
Humedad (%)			1,0000	0,4328	-0,4646	-0,3027
Rendimiento (%)				1,0000	-0,2368	0,0559
Pérdida de NaCl (%m/m)					1,0000	<b>0,9024*</b>
NaCl en el suero (%)						1,0000

**\*p≤0,05**

Como se observa en el **Cuadro VI** se encontró una correlación significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre el cloruro de sodio añadido y el cloruro de sodio medido en el producto final. Este resultado fue sumamente interesante ya que se observó que una variable presentó el mismo comportamiento que la otra, conforme se aumentó la cantidad de NaCl añadida también lo hizo la concentración de NaCl medida en el producto final.

También se encontró una correlación significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre la concentración de NaCl en el suero y en el queso final, lo que podría interpretarse como que la sal se distribuyó entre el queso y el suero de forma tal que, si se añade más NaCl, la concentración de NaCl aumenta tanto en el queso como en el suero.

Adicionalmente se encontró correlación significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre la cantidad de NaCl añadido y la pérdida del mismo y fue una correlación positiva por lo que esto indicó que conforme más NaCl se añadió a la cuajada más NaCl se perdió. Esta correlación ya había

sido descrita por Rulikowska *et al.* (2013) quienes evidenciaron pérdidas de 5% de NaCl al adicionar 0,5% de sal y de 50% al agregar 3,0% de sal.

Lo descrito anteriormente se puede relacionar con la correlación significativa ( $p \leq 0,05$ ) que se encontró entre el NaCl añadido y la concentración de NaCl en el suero y la correlación significativa entre la pérdida de NaCl y la concentración de NaCl en el suero ( $p \leq 0,05$ ) de la siguiente manera: a mayor porcentaje de NaCl añadido, mayor pérdida de NaCl, a mayor pérdida de NaCl, mayor porcentaje de NaCl en el suero, por lo que se puede concluir que a mayor adición de NaCl más sal se perdió en el suero, pero también la concentración de NaCl en el queso final aumentó, debido a que la concentración de NaCl en el suero y en el queso final se correlacionó positivamente.

Guinee y Fox (1993) le dan una explicación a este fenómeno observado; según dichos autores, al entrar en contacto la sal con el gránulo de cuajada, la humedad dentro del gránulo migra hacia la superficie generando un tipo de “salmuera superficial super saturada”, a partir de este punto el mecanismo de absorción de sal es muy similar a lo que se dan en los quesos salados con salmuera y que se explica a continuación.

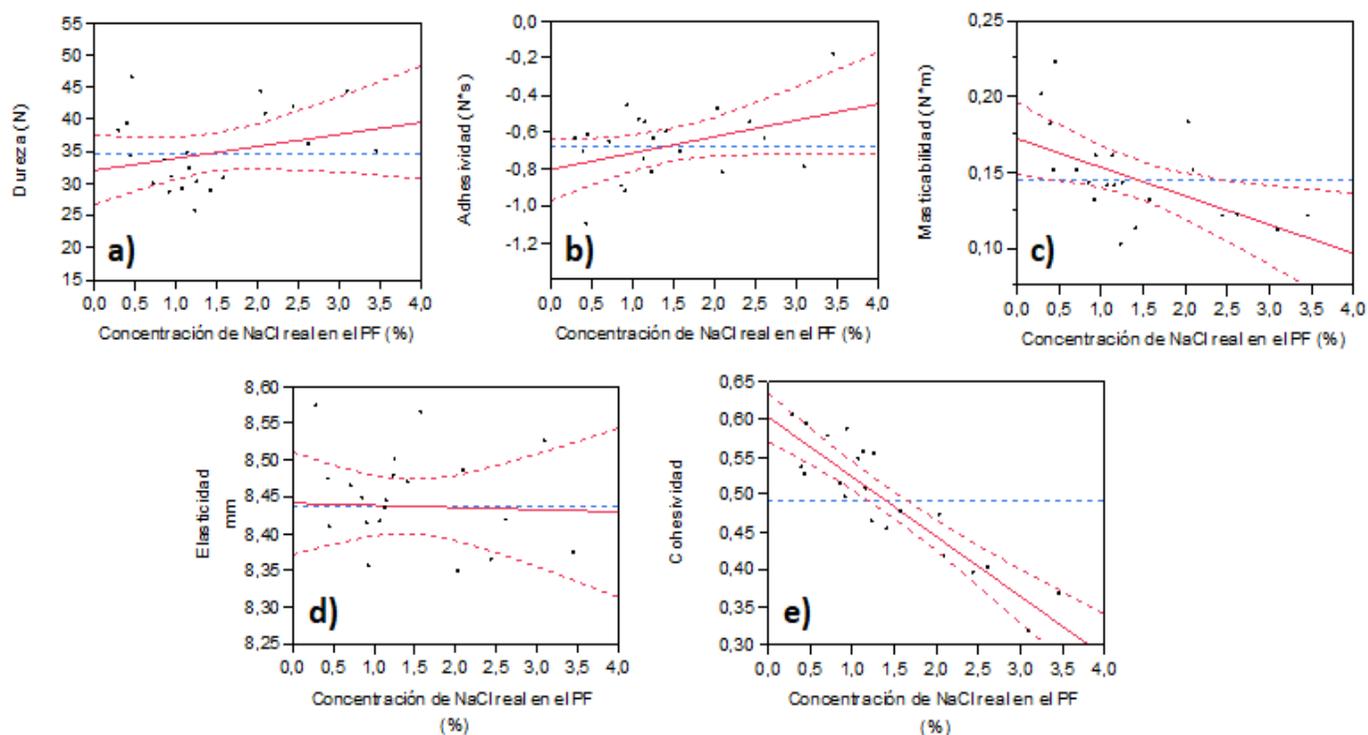
Una vez que ocurre la salida de humedad de gránulo, se genera un gradiente de concentración de NaCl, de manera que la sal empieza a ingresar al gránulo a mayor tasa conforme mayor es el gradiente de concentración hasta que, en determinado momento, el gradiente de concentración no constituye una fuerza motriz suficiente como para hacer ingresar la sal y, por esta razón, se empieza a perder en el suero (Guinee & Fox, 1993).

Los cambios de textura se presentan en la **Figura 9** y **Figura 10**, que corresponden a las gráficas de regresión para cada uno de los parámetros evaluados del TPA, tanto en función del NaCl añadido como el medido en el producto final. Los únicos que presentaron diferencia significativa ( $p \leq 0,05$ ) fueron la cohesividad y la masticabilidad.

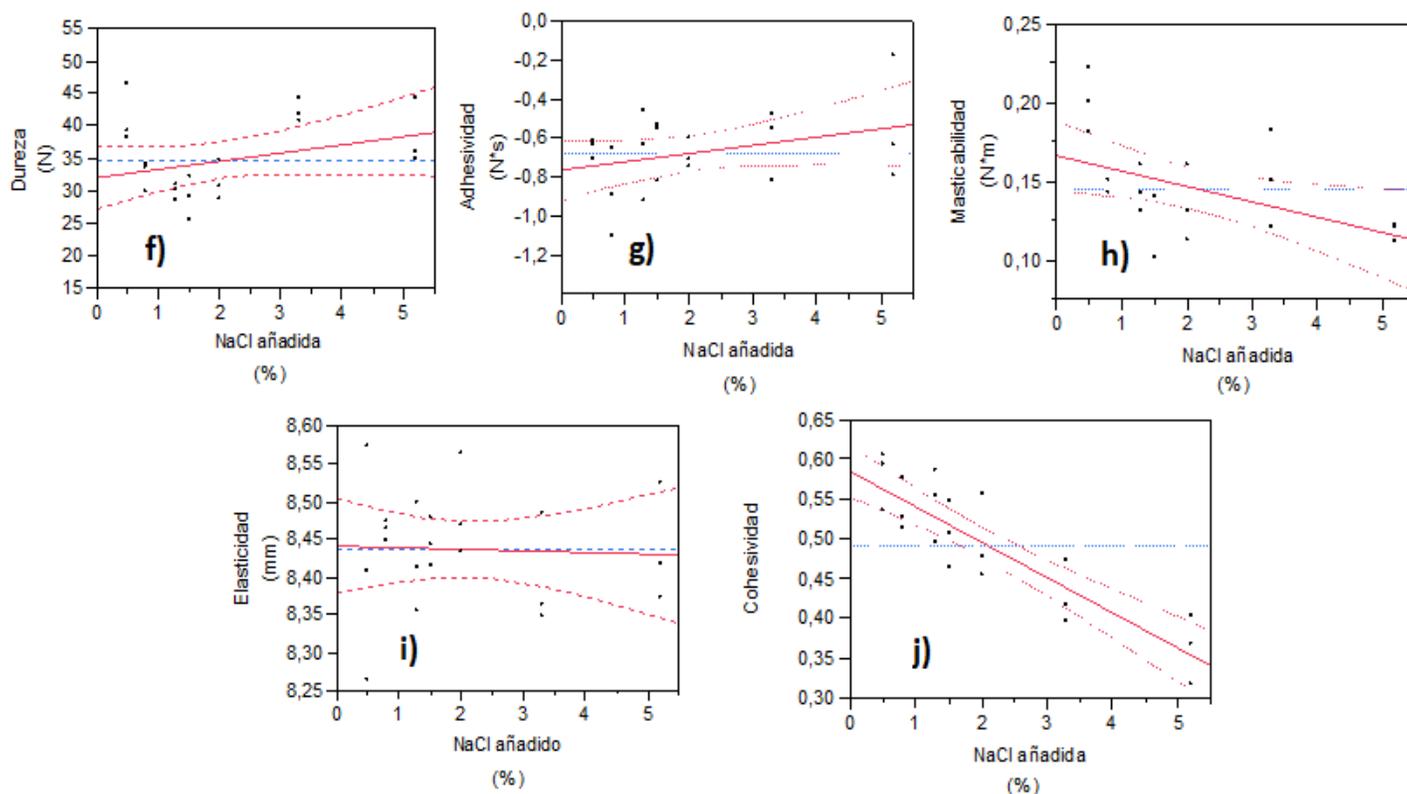
Para los efectos no significativos se calculó la potencia de la prueba en cada caso empleando un factor de diferencia de referencia tomando de artículos de diversos autores. En el caso

de la dureza, se empleó un factor de diferencia de 5 N, lo que resultó en una potencia de 0,9355. Para calcular la potencia de la prueba para la adhesividad se empleó un factor de diferencia de 0,2 y se obtuvo una potencia de 0,9947 mientras que en el caso de la elasticidad se usó un factor de 0,1 mm y se obtuvo una potencia de 0,9997 (Ramos *et al.*, 2015; Dabour *et al.*, 2006; Delgado *et al.*, 2008; Zúñiga *et al.*, 2007; Villamil *et al.*, 2016).

La potencia de la prueba hace referencia a la probabilidad de encontrar la diferencia cuando esta existe. Esto quiere decir que para la dureza, adhesividad y elasticidad se puede afirmar con alta confiabilidad que no se encontraron diferencias significativas debido a su alta potencia.



**Figura 9.** Gráficos de regresión de cada uno de los parámetros del TPA medidos contra la concentración de NaCl en el producto final.



**Figura 10.** Gráficos de regresión de cada uno de los parámetros del TPA medidos contra la concentración de NaCl añadida de acuerdo a la formulación

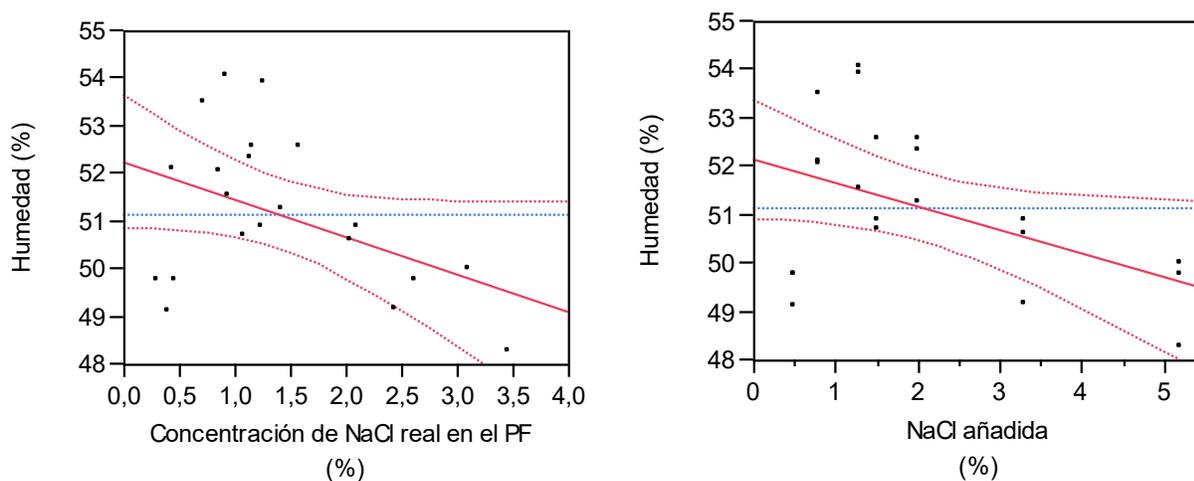
En ambos casos la masticabilidad presentó una tendencia decreciente con forme a mayor concentración de NaCl medida en el producto final, por lo que esto quiere decir que para masticar los quesos con mayor concentración de sal se necesitará menor energía hasta que esté listo para ser tragado.

El comportamiento de la cohesividad coincide con lo descrito por Saint-Eve *et al.* (2009), quienes también detectaron una disminución de la cohesividad con el aumento del contenido de sal en el queso. Esta disminución se la adjudicaron a la disminución de las interacciones proteína-proteína debido al aumento de la concentración de NaCl que conlleva a un aumento de las interacciones tipo proteína-agua.

Floury *et al.* (2009) observaron que una disminución de la concentración de NaCl en el queso ocasionó un aumento de la cohesividad, lo que también coincide con lo que se observa en las curvas de regresión del presente trabajo.

Este fenómeno, según Pastorino *et al.* (2003), se relaciona con que, al igual que se observó en la presente investigación, al aumentar la concentración de NaCl se da una reducción de la humedad (ver **Figura 11**) y esto genera una disminución en la elasticidad del queso, lo que a su vez provoca una disminución en la cohesividad del mismo.

Esta relación entre la humedad y la cohesividad también se adjudica a que a menor contenido de humedad menor es la fuerza ejercida por los enlaces internos del queso (Álvarez *et al.*, 2007) y, por lo tanto, menor cohesividad.



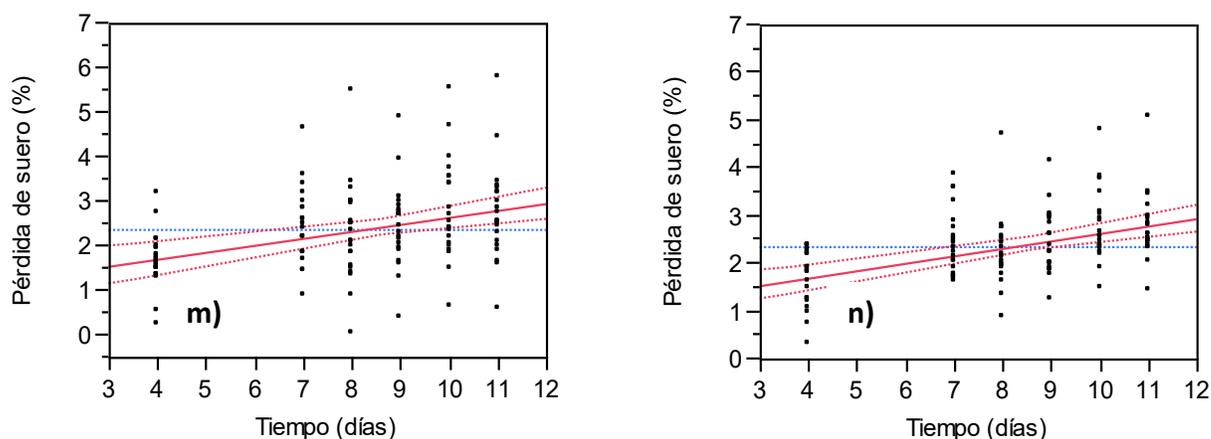
**Figura 11.** Gráficos de regresión de humedad contra la concentración de NaCl añadida y medida en el producto final.

En la **Figura 11** se observa que la relación entre la humedad y la concentración de NaCl medida en el producto final fue significativa ( $p \leq 0,05$ ), al aumentar la concentración de NaCl medido en el producto final la humedad disminuyó, o sea la pendiente fue diferente de cero.

La relación entre la humedad y la concentración de NaCl añadida por formulación también se consideró significativa ( $p=0,0468$ ) y presentó la misma tendencia.

Esta tendencia se explica debido a que durante la etapa de salado la migración de agua y sal se da de forma paralela e inversa dando origen a lo que se conoce como sinéresis, por lo tanto a mayores niveles de salado mayor pérdida de suero en este punto, lo que genera que la humedad final del queso sea menor (Guinee & Fox, 1993).

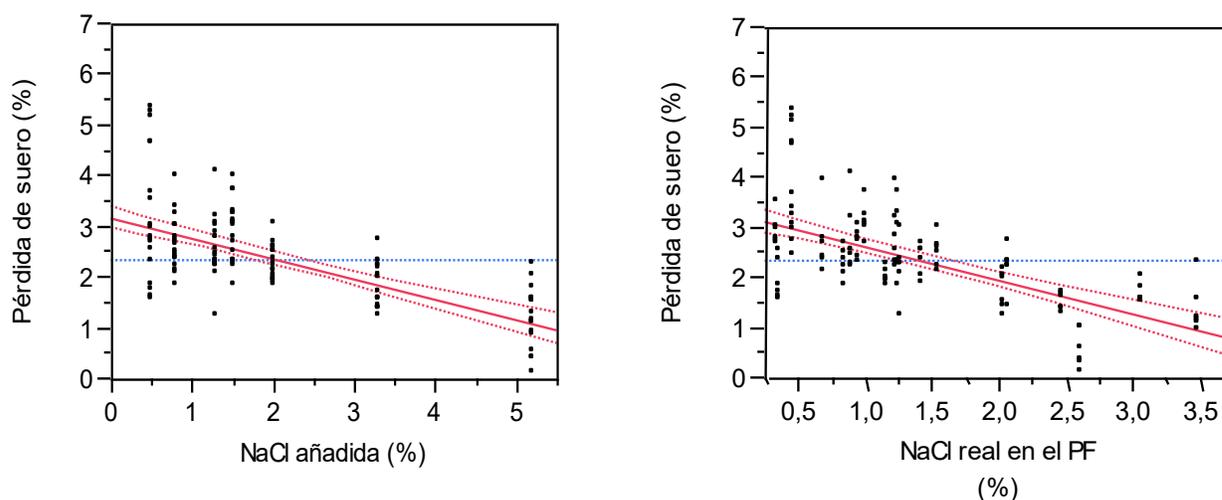
Adicionalmente en la literatura está descrito que las bajas concentraciones de NaCl generan un fenómeno que se denomina “*Salt in*”, en el cual se produce una hidratación de la caseína, debido al desplazamiento del calcio de la caseína, lo que a su vez aumenta el número de grupos iónicos y, por ende, se aumenta la capacidad de retención de agua. Concentraciones altas de cloruro de sodio producen el “*Salt out*”, que es el fenómeno contrario y resulta en una disminución de la humedad dentro del queso (Kilcast & Angus, 2007; Lu & McMahon, 2015).



**Figura 12.** Gráfica de regresión de pérdida de suero en el tiempo tanto para la cantidad de NaCl añadida (n) como para la concentración de NaCl medida en el producto final (m)

Como se aprecia en la **Figura 12** hay una relación significativa ( $p\leq 0,05$ ) creciente entre la pérdida de suero y el tiempo, lo que quiere decir que conforme avanzó el tiempo la pérdida

de suero fue mayor para todos los quesos de diferentes concentraciones de sal. Adicionalmente, no se encontró diferencia significativa en la interacción entre la concentración de cloruro de sodio y el tiempo de almacenamiento por lo que se puede intuir que todos los quesos, aunque tenían diferente concentración de NaCl perdieron suero siguiendo el mismo comportamiento en el tiempo. Sin embargo, esto no quiere decir que todos los quesos perdían la misma cantidad de suero puesto que la relación entre la concentración de NaCl y la pérdida de suero fue significativa ( $p \leq 0,05$ ), en la **Figura 13** se observa como los quesos con menor contenido de sal presentaron mayores pérdidas de suero.



**Figura 13.** Gráfica de regresión de pérdida de suero contra la concentración de NaCl tanto añadida, como la medida en el producto final.

Lo que se observa en la **Figura 13**, podría estar relacionado con que, como se discutió anteriormente, de acuerdo con la correlación entre la humedad y la concentración de NaCl, los quesos con mayor contenido de humedad presentaron mayores pérdidas de suero en el tiempo.

Los quesos con menor contenido de NaCl, como se observa en la **Figura 11** contenían mayor porcentaje de humedad y, por ende, se trataba de quesos más vulnerables al desarrollo microbiológico y a la actividad enzimática. La proteólisis es un factor dominante que afecta

la pérdida de suero en el almacenamiento y su influencia se debe a la desintegración de la red de caseína y la liberación del agua que se encuentra físicamente retenida (Kumar, 1991).

Adicionalmente, como es sabido, a mayor humedad se tiene una mayor retención de lactosa en el queso, lo que genera que la acidificación del queso se intensifique debido a la acción de las bacterias ácido-lácticas, la disminución del pH resultante provoca una disminución en la capacidad de absorción de agua de la matriz de caseína (Kumar, 1991).

También es importante resaltar que la pérdida de suero en el producto de concentración estándar (1,5% NaCl), es muy similar al producto reducido (1,07% NaCl), este resultado es importante ya que esto es un factor de interés para los productores de queso, quienes podrían considerar que al reducir el NaCl en la formulación del queso van a perder más suero y por ende más dinero, pero con estos resultados se observa que la diferencia en la pérdida de suero es menor al 1% al reducir un 31,2% de NaCl partiendo de un queso con 1,5% de cloruro de sodio añadido según su formulación.

## VII. CONCLUSIONES

- La variabilidad del contenido de cloruro de sodio medido en el producto final para quesos con un contenido de NaCl añadido menor a 1,3% es menor que el umbral de diferencia encontrado, lo que permite inferir que las variaciones naturales de proceso serán muy difícilmente percibidas por los consumidores a esos niveles de concentración de sal
- Por encima de 1,3% de NaCl añadido, la variación natural del proceso se encuentra por encima del umbral, por lo que, en quesos de alto contenido de sal, la aplicación del método de reducción de sodio por medio de un umbral de diferencia apenas percibido resulta de poco valor, debido a que los cambios de concentración generados por las variaciones naturales del proceso son más fácilmente percibidos por los consumidores.
- Con la metodología aplicada se logró una reducción de 31,2% de cloruro de sodio, lo cual es un aporte a la mejora de estos productos, con respecto a un 1,5% en el queso fresco original.
- Se encontraron diferencias significativas entre los quesos reducidos en sodio y el estímulo constante mediante una prueba de diferenciación para una reducción de un 31,2%, a pesar de ello, al 57% de los consumidores les agradaron por igual todos los quesos evaluados; mientras que el restante 43% les agradó más el queso comercial el cual es el queso más salado, pero no se encontraron diferencias significativas entre el agrado de los quesos reducidos y el estímulo constante.
- Se encontró una correlación positiva significativa entre el contenido de NaCl añadido y la concentración de NaCl medido en el producto final, la pérdida de NaCl y la concentración de NaCl en el suero.
- La concentración de sal no provocó cambios en la elasticidad, la dureza y adhesividad de los quesos, mientras que la cohesividad, la humedad y la masticabilidad disminuyeron con el aumento de la concentración de NaCl.

- Se determinó que al aumentar el tiempo de almacenamiento se aumentó la pérdida de suero, y a mayor concentración de NaCl la pérdida de suero fue menor en los quesos, sin embargo, estas pérdidas para las diferentes concentraciones de cloruro de sodio siguieron la misma tendencia a lo largo del tiempo de almacenamiento.

## VIII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda repetir el estudio luego de seis meses a partir del momento de la aplicación de la reducción pues, cuando el consumidor se expone a la concentración reducida se adapta rápidamente y el JND de la población puede variar, lo que podría abrir las puertas a realizar una nueva reducción del contenido de sodio en el queso, de manera gradual, sin que cause rechazo.
- Se recomienda evaluar la estabilidad microbiológica de la formulación reducida en sodio validada para cada producto, en miras de asegurar la calidad y vida útil de los productos.
- Aplicar la metodología en formulaciones de queso fresco con diversos grados de concentración de NaCl y tipos de sustitutos de sodio con el fin de lograr mayores reducciones, pues la mayoría de los datos que existen son para quesos maduros.
- Se recomienda transferir los conocimientos y resultados adquiridos en la presente investigación a los productores nacionales de queso fresco, y capacitarlos en la estandarización de las condiciones de procesamiento, la medición de la variabilidad del proceso de manufactura de queso fresco y el impacto positivo que implica la reducción de sodio sobre la salud de la población costarricense.
- Se recomienda elaborar más controles para controlar la pérdida de NaCl durante la manufactura ya que, debido a la gran pérdida de NaCl durante el proceso, no se logró reducirla valor cercano al JND, si no que fue mucho mayor y por ende la diferencia fue notoria.

## IX. BIBLIOGRAFÍA

ALBORNOZ, G., & COLMENARES, E. 2008. Biopreservación: alternativa para mejorar. In Desarrollo Sostenible de la Ganadería de Doble Propósito. 921–929.

ÁLVAREZ, S., RODRÍGUEZ, V., RUIZ, M. E., & FRESNO, M. 2007. Correlaciones de textura y color instrumental con la composición química de quesos de cabra canarios. Archivos de Zootecnia, 56(1), 663–666.

AOAC INTERNATIONAL. 2012. Método 985.35 AOAC: Determinación de sodio mediante absorción atómica de llama. 19 ed. Official Methods of Analysis.

ARCE, J. R. 2011. Incorporación de proteína de suero en la elaboración de un queso blanco y valoración del efecto provocado en su rendimiento agrado general y contenido de triptófano. Tesis de grado de Licenciatura en Ingeniería de Alimentos. Universidad de Costa Rica. San José.

ARLENIS, A., MUÑOZ, G., ARAQUE, C., QUIJADA, T., & EMMA, S. 2010. Quesos frescos bovino y caprino. Hábitos de compra. Zootecnia Tropical, 499. 1–13.

BARBUT, S. 2009. Editores TOLDRÁ, F & NOLLET, L. Texture Analysis. In Handbook of Processed Meats and Poultry Analysis Table. Taylor & Francis Group.

BARRANTES, E. 1999. Evolución de la Industria Quesera en Costa Rica. In IX Congreso Nacional Agronómico. 545–553. San José, Costa Rica.

BLANCO-METZLER, A., MONTERO, M. D. L. Á., NÚÑEZ, H., GAMBOA-CERDA, C., & SÁNCHEZ, G. 2012. Avances en la reducción del consumo de sal y sodio en Costa Rica. Revista Panamericana de Salud Pública, 32(4), 316–320.

BLANCO, M., & GRANADOS, L. 2007. Consultoría realizada para la FAO y el IICA en el marco del estudio conjunto sobre los productos de calidad vinculada al origen. Costa Rica.

BOISARD, L., ANDRIOT, I., MARTIN, C., SEPTIER, C., BOISSARD, V., SALLES, C., & GUICHARD, E. 2014. The salt and lipid composition of model cheeses modifies in-mouth flavour release and perception related to the free sodium ion content. *Food Chemistry*, 145, 437–444.

CHACÓN, A, PINEDA, M. 2009. Características químicas, físicas y sensoriales de un queso de cabra adaptado del tipo Crottin de Chavignol. *Agronomía Mesoamericana*, 20(2), 297–309.

CHING, M. 2016. Propuesta de un plan de mercadeo para la línea de productos de limpieza y sanitización para la industria lechera, milky clean. Tesis de posgrado de Maestría Profesional en Mercadeo y Ventas. Universidad de Costa Rica. San José.

CHRYSSANTHOPOULOS, C., & MARIDAKI, M. 2010. Nutritional Aspects of Yogurt and Functional Dairy Products. In *Development and Manufacture of Yogurt and Other Functional Dairy Products*. Taylor & Francis Group. 267–306.

CLARK, S., COSTELLO, M., DRAKE, M., & BODYFELT, F. 2008. *The sensory evaluation of Dairy products*. 2ed. Springer.

COSTA RICA. MINISTERIO DE SALUD DE COSTA RICA. 2011. Plan Nacional para la Reducción del Consumo de Sal / Sodio en la población de Costa Rica 2011-2021. San José.

CRUZ, A., BOLINI, H., CELEGHINI, R., & GRANATO, D. 2011. Cheeses with reduced sodium content : Effects on functionality , public health benefits and sensory properties. *Trends in Food Science & Technology*, 22. 276–291.

DABOUR, N., KHEADR, E., BENHAMOU, N., FLISS, I., & LAPOINTE, G. 2006. Improvement of Texture and Structure of Reduced-Fat Cheddar Cheese by Exopolysaccharide-Producing Lactococci. *Journal of Dairy Science*, 89(1), 95–110.

- DE-MAGISTRIS, T., & LÓPEZ, B. 2016. Consumers' willingness to pay for nutritional claims fighting the obesity epidemic: The case of reduced-fat and low salt cheese in Spain. *Public Health*, 135, 83–90.
- DELGADO, F., GONZÁLEZ, J., CAVA, R., & RAMIREZ, R. 2008. Cambios en textura instrumental y propiedades sensoriales en quesos de leche cruda de cabra tratados mediante altas presiones hidrostáticas. Instituto Tecnológico Agroalimentario de Extremadura (INTAEX)..
- DOYLE, M. 2008. Sodium Reduction and Its Effects on Food Safety, Food Quality , and Human Health. *FRI Briefings*, 9. 1–12.
- ENNIS, D., ROUSSEAU, B & ENNIS, J. M. 2014. Tables for Product Testing Methods. *Tools and Applications of Sensory and Consumer Science*, (52).
- EUROMONITOR INTERNATIONAL. 2017. Cheese in Costa Rica.. 1-8. Passport.
- FARHAT, L. 2014. Cheese and Its Place in Western Civilization. *Comparative Civilizations Review*, 71(71), 119–123.
- FELICIO, T., ESMERINO, E., CRUZ, A., NOGUEIRA, L., RAICES, R., DELIZA, R., BOLINI, H. 2013. Cheese. What is its contribution to the sodium intake of Brazilians? *Appetite*, 66, 84–88.
- FLOURY, J., CAMIER, B., ROUSSEAU, F., LOPEZ, C., TISSIER, J. P., & FAMELART, M. 2009. Reducing salt level in food: Part 1. Factors affecting the manufacture of model cheese systems and their structure-texture relationships. *LWT - Food Science and Technology*, 42(10), 1611–1620.
- GANESAN, B., BROWN, K., IRISH, D., & BROTHERSEN, C. MCMAHON, D. 2014. Manufacture and sensory analysis of reduced- and low-sodium Cheddar and Mozzarella cheeses. *Journal of Dairy Science*, 97(4), 1970–1982.

GUINEE, T., & FOX, P. 1993. Salt in Cheese: Physical, Chemical and Biological Aspects. In Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology. Boston: Springer.

GUNASEKARAN, S., & MEHMET, M. 2003. Cheese Texture. In Cheese Rheology and Texture. CRC Press LLC.

HERNÁNDEZ, D. 2017. Determinación de la concentración mínima de cloruro de sodio que se puede reducir en tres productos cárnicos curados sin que sea perceptible para los consumidores utilizando un umbral de diferencia. Tesis de grado de Licenciatura en Ingeniería de Alimentos. Universidad de Costa Rica. San José.

HOUGH, G., WAKELING, I., MUCCI, A., & CHAMBERS, E. 2006. Number of consumers necessary for sensory acceptability tests. *Food Quality and Preference*: 17(950): 522–526.

HUTKINS, R., & GOH, Y. J. 2014. Streptococcus | Streptococcus Thermophilus. *Encyclopedia of Food Microbiology* 2(3). Elsevier.

ISHII, R., O'MAHONY, M., & ROUSSEAU, B. 2014. Triangle and tetrad protocols: Small sensory differences, resampling and consumer relevance. *Food Quality and Preference*, 31(1), 49–55.

JANEWYATT, C. 1983. Acceptability of Reduced Sodium in Breads, Cottage Cheese, and Pickles. *Journal of Food Science*, 48(4), 1300–1302.

JIMÉNEZ, S. 1994. Evaluación de variaciones en la manufactura de queso blanco y determinación de su vida como queso fresco utilizando análisis sensorial y un parámetro químico. Universidad de Costa Rica.

KILCAST, D., & ANGUS, F. 2007. Reducing Salt in Foods: Practical Strategies. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. United States of America.

KILCAWLEY, K. 2006. Enzyme Technology for the Dairy Industry. Most.

KUMAR, A., & BEHARE, P. 2016. Enzymes in Dairy Processing. In *Microbial Enzyme Technology in Food Applications* (pp. 347–359).

KUMAR, P. 1991. Exudation of whey from cheese during storage. Massey University.

LAWLESS, H., & HEYMANN, H. 2010. *Sensory Food Evaluation: Principles and Practices* (2ed). New York: Springer.

LEE, Y. CHAE, J. & LEE, H. 2009. Effects of Order of Tasting in Sensory Difference tests Using apple juice stimuli: Development of a new model. *Journal of Food Science*.74(6).

LEE, H., & O'MAHONY, M. 2004. Sensory difference testing: Thurstonian models. *Food Science and Biotechnology*, 13(6), 841–847.

LÓPEZ, N. 2014. El gusto por el sabor salado. *Perspect Nutr Humana*, 16(1), 99–109.

LU, Y., & MCMAHON, D. 2015. Effects of sodium chloride salting and substitution with potassium chloride on whey expulsion of Cheddar cheese. *Journal of Dairy Science*, 98(1), 78–88.

MAYORGA, R. 1992. Aspectos en la elaboración de queso fresco. *Revista de Tecnología Y Ciencia Alimentaria*, 1(1), 17–27.

MCBURNEY, D H & COLLINGS, V B. 1977. *Sensation and Perception*. Prentice Hall Inc, Englewood Cliffs. United States

MEIC, OSARTEC, MIFIC, SIC, & MINECO. 2011. RTCA 67.01.60:10: Etiquetado Nutricional de Productos Alimenticios Pre-envasados para Consumo Humano para la Población a Partir de 3 años de edad. Centroamérica. San José, Costa Rica.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. & CARR, T. 2006. *Sensory Evaluation Techniques*. 4 ed. CRC Press, USA.

- MENDEZ, Y., & REINO, C. 2012. Análisis comparativo del perfil de textura de los quesos frescos de cabra y vaca, con relación al contenido de grasa y tiempo de almacenamiento. Universidad de Cartagena, Cartagena.
- MINETTI, M., ANNIER, Z., & BODIO, S. 2002. Determinacion De Cloruro De Sodio En Quesos Argentinos. *Revista FAVE - Ciencias Veterinarias*, 1(1), 1–6.
- MORTENSEN, G., BERTELSEN, G., & NIELSEN, P. 2004. *Packaging of Cheeses* (p. 337). Marcel Dekker.
- MOSCHOPOULOU, E. 2014. Microbial Milk Coagulants. In *Microbial Enzyme Technology in Food Applications 2*. Atenas. 200–213.
- MUTHUKUMARAPPAN, K KARUNANITHY, C. 2011. Texture. In *Sensory Analysis of Foods of Animal Origin* (pp. 341–352). Taylor & Francis Group.
- NIELSEN, S. 2010. *Food Analysis Laboratory Manual (2ed)*. Springer. United States of America.
- NIELSEN, W. 2004. Principles of Cheese Production. *Handbook of Food and Beverage Fermentation Technology*. Marcel Dekker. 233.
- O'MAHONY, M., & GODMAN, L. 1974. The effect of interstimulus procedures on salt taste intensity functions. *Perception & Psychophysics*, 16(3), 459–465.
- O'MAHONY, M. 1986. *Sensory evaluation of food: statistical methods and procedures* (16). CRC Press.
- O'MAHONY, M., & ROUSSEAU, B. 2003. Discrimination testing: A few ideas, old and new. *Food Quality and Preference*, 14(2), 157–164.
- O'MAHONY, M. (Comunicación personal vía electrónica, 18 de Octubre del 2017)
- O'SULLIVAN, M. 2017. Sensory Affective (Hedonic) Testing. In *A Handbook for Sensory and Consumer-Driven New Product Developmen* (pp. 39–56).

- PASTORINO, A., HANSEN, C., & MCMAHON, D. 2003. Effect of salt on structure-function relationships of cheese. *Journal of Dairy Science*, 86(1), 60–69.
- PIETER, W., WOUTERS, J., & GEURTS, T. 2006. Cheese Manufacture. In *Dairy Science and Technology*. Taylor & Francis Group. 583–639.
- POMAREDA, C. 2016. Situación y perspectivas para el Sector Lácteo Costarricense. XXII Congreso Nacional Lechero. San José, Costa Rica.
- RACHTANAPUN, P. RACHTANAPUN, C. 2007. Vacuum Packaging. In *Handbook of Frozen Food Processing and Packaging*. 861–874.
- RAMÍREZ, C. 1942. El Cuajo. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*. 18(5). Colombia. 406 - 414
- RAMÍREZ, M. 2016. Comparación entre el uso de las tablas binomiales sin repeticiones y las correcciones estadísticas con el uso de repeticiones, como métodos de análisis de pruebas de discriminación sensorial triángulo y 2-AFC. Tesis de grado de Licenciatura en Ingeniería de Alimentos. Universidad de Costa Rica. San José.
- RAMÍREZ, C., & VÉLEZ, J. 2014. Quesos frescos: propiedades, métodos de determinación y factores que afectan su calidad. *Temas Selectos De Ingeniería De Alimentos*, 2(6), 131–148.
- RAMIREZ, J., AGUIRRE, J., ARISTIZABAL, V., & CASTRO, S. 2017. La sal en el queso: diversas interacciones. *Agronomía Mesoamericana*, 28(1), 303.
- RAMOS, C., SALAS, V., & CHAMORRO, E. 2015. Instrumental Evaluation a Cheese Texture Made From Concentrated Whey By Ultrafiltration. *Rev Soc Quim Perú*, 81(3).
- RAVISHANKAR, S., & JUNEJA, V. 2000. Sodium Chloride. In *Milieu-Antimicrobials*. CRC Press LLC.

- RULIKOWSKA, A., KILCAWLEY, K., DOOLAN, I., GÓMEZ, M., NONGONIERMA, A., HANNON, J., & WILKINSON, M. 2013. The impact of reduced sodium chloride content on Cheddar cheese quality. *International Dairy Journal*, 28(2), 45–55.
- SAINT-EVE, A., LAUVERJAT, C., MAGNAN, C., DÉLÉRIS, I., & SOUCHON, I. 2009. Reducing salt and fat content: Impact of composition, texture and cognitive interactions on the perception of flavoured model cheeses. *Food Chemistry*, 116(1), 167–175.
- SÁNCHEZ, I., BARROSO, M., & CARECHE, M. 2011. Instrumental Texture. In *Sensory Analysis of Foods of Animal Origin* shorter. Taylor & Francis Group. 229–241.
- SIDEL, J., & STONE, H. 2005. Sensory Science: Methodology. In *Handbook of Food Science, Technology, and Engineering*. Taylor & Francis Group. 1–24.
- SKOOG, D., HOLLER, F. J., & NIEMAN, T. 2001. *Principios de análisis instrumental* (5ed) Mc GrawHill. Madrid, España.
- SPREER, E., & MIXA, A. 1998. *Milk and dairy product technology*. Food Science and Technology. (83). CRC press.
- SVENSSON, L. 2012. *Design and Performance of Small Scale Sensory Consumer Tests*. Swedish University of Agricultural Sciences.
- VALVERDE, E., & SILVA, P. 2012. Validación de un método analítico para la determinación del contenido de sodio en los alimentos. *Tecnología En Marcha*, 25(2), 41–49.
- VELASCO, L., & TÁRREGA, A. 2013. Opinión y respuesta del consumidor frente a quesos con contenido reducido de sal y/o grasa: Interés en su consumo e influencia de la información nutricional en su aceptabilidad. Valencia, España.
- VILLAMIL, A., RANGEL, O., & NOVOA, C. 2015. Elaboración de quesos reducidos en sodio: pruebas afectivas a consumidores, 5–8.

VILLAMIL, R., COBOS, O., NOVOA, C., & ZULUAGA, C. 2016. Caracterización textural de un queso fresco semimagro tipo campesino bajo en sodio Textural characterization of a reduced sodium and low fat fresh campesino type cheese. *Agronomía colombiana*, 34(1), 1036–1038.

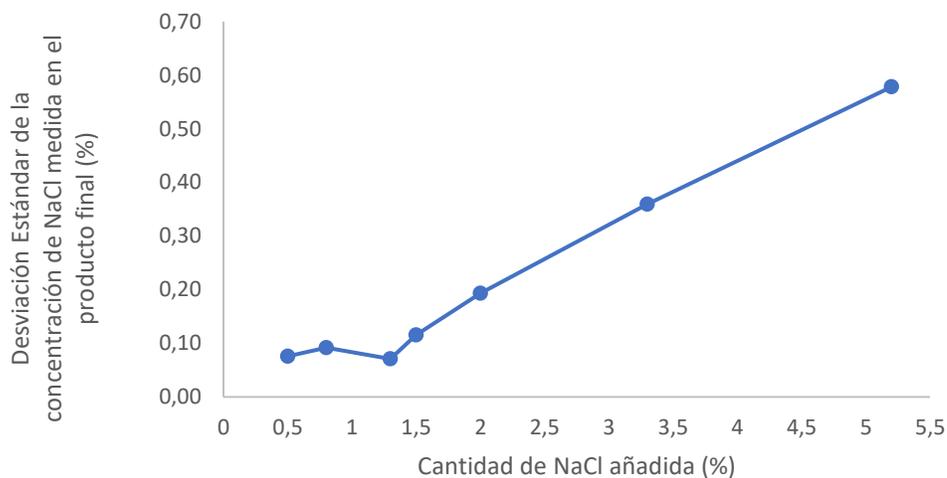
VILLARREAL, G. 2014. Efecto de los compuestos sustitutos de grasa sobre la percepción del sabor salado en sopas. Universidad de Costa Rica.

WALSTRA, P., WOUTERS, J., & GEURTS, T. 2014. Milk : Part I. In *Dairy Science and Technology 2*. (21). Taylor & Francis Group. . 1–4

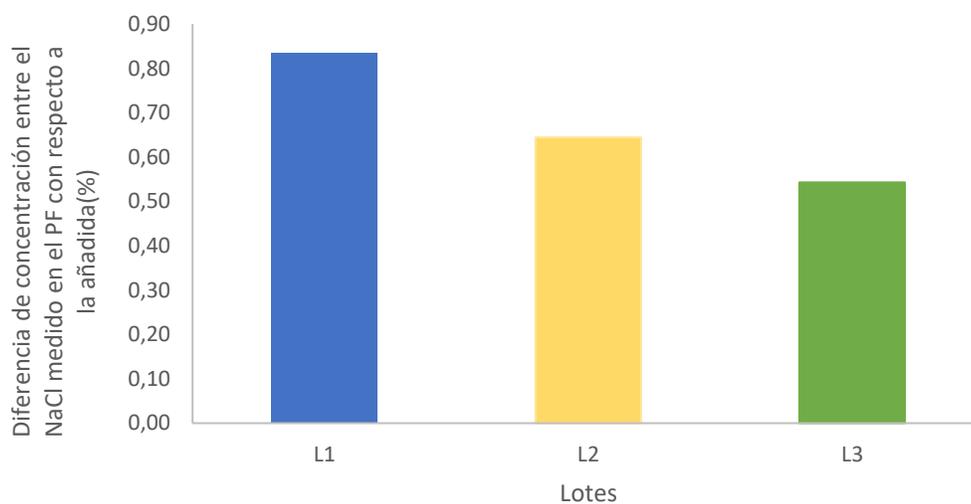
WICHCHUKIT, S., & O'MAHONNY, M. 2015. The 9-point hedonic scale and hedonic ranking in food science: Some reappraisals and alternatives. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(11), 2167–2178.

ZÚÑIGA, L., CIRO, H., & OSORIO, J. 2007. Estudio de la dureza del queso Edam por medio de Análisis de Perfil de Textura y Penetrometría por esfera. *RevistaFac.Nal.Agr.Medellín.*, 60(1), 3797–3811.

## X. ANEXOS



**Figura 1A.** Desviación estándar de la concentración de NaCl medida en el producto final en función de la concentración de NaCl añadido al queso de acuerdo con la formulación.



**Figura 2A.** Diferencia de concentración entre el NaCl medido en el PF con respecto a la añadida (%)

**Cuadro IA.** Resultados de los análisis rutinarios que se aplicaron a dos de los lotes de queso fresco elaborado a escala piloto.

<b>Análisis rutinario de leche</b>		
<b>Medición</b>	<b>Lote 2</b>	<b>Lote 3</b>
<b>Grasa (%)</b>	4,61	4,01
<b>Proteína (%)</b>	3,24	3,28
<b>SNG (%)</b>	8,47	12,52
<b>ST (%)</b>	13,08	8,51
<b>Punto Crioscópico (T°C)</b>	-0,0555	-0,0560
<b>Densidad (g/mL)</b>	1,2755	1,2903
<b>Agua Agregada (%)</b>	0,30	1,57
<b>pH</b>	6,78	6,79

**Cuadro IIA.** Resultados generados por programa FIZZ del panel de determinación de umbral de diferencia apenas perceptible (JND) de NaCl del Lote 1 de queso fresco elaborado a escala piloto (1: Estímulo Constante; 0: Muestra de concentración de NaCl variable).

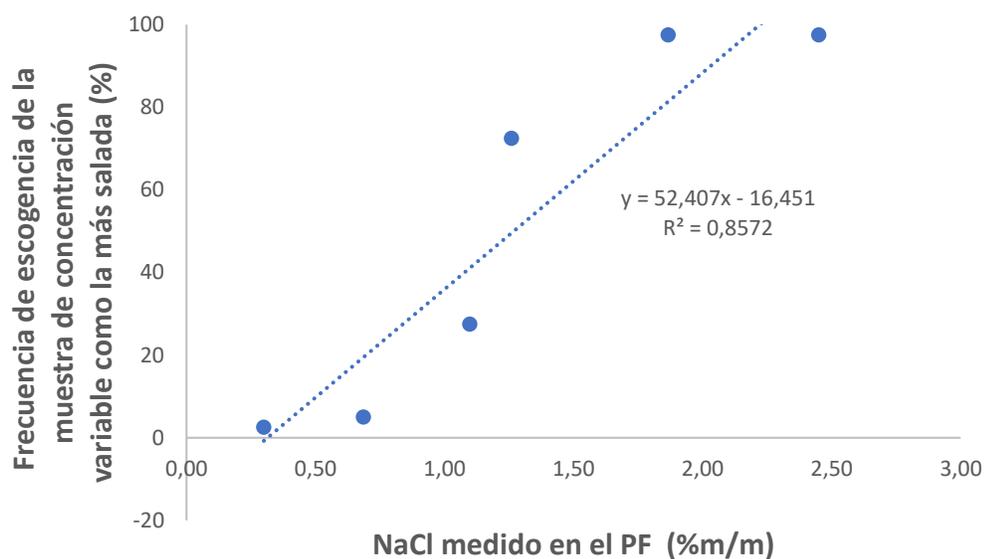
Panelista/NaCl añadido (%)	Frecuencia de escogencia de intensidad de sabor salado percibida					
	0,5	0,8	1,3	2	3,3	5,2
1	1	1	1	1	0	0
2	1	1	0	1	0	0
3	1	1	0	0	0	0
4	0	1	1	0	0	0
5	1	1	1	0	0	0
6	1	1	1	0	0	0
7	1	1	1	0	0	0
8	1	1	0	0	0	0
9	1	1	0	1	0	0
10	1	1	1	0	0	0
11	1	1	0	0	0	0
12	1	1	1	0	0	0
13	1	1	0	0	0	0
14	1	1	1	0	0	0
15	1	1	0	0	0	0
16	1	1	1	0	0	0
17	1	1	1	0	0	0
18	1	1	1	0	0	0
19	1	1	1	1	0	0
20	1	0	1	0	0	0
21	1	1	1	0	0	0
22	1	1	1	1	0	0
23	1	1	1	1	0	0
24	1	1	1	0	0	0
25	1	1	0	0	0	0
26	1	1	0	0	0	0
27	1	1	1	0	0	0
28	1	1	1	1	1	1
29	1	1	1	0	0	0
30	1	1	1	1	0	0
31	1	1	0	0	0	0
32	1	1	0	1	0	0
33	1	1	1	0	0	0
34	1	1	1	0	0	0
35	1	1	1	0	0	0
36	1	1	1	0	0	0
37	1	1	1	1	0	0
38	1	0	1	0	0	0
39	1	1	1	1	0	0
40	1	1	1	0	0	0

**Cuadro IIIA.** Resultados generados por programa FIZZ del panel de determinación de umbral de diferencia apenas perceptible (JND) de NaCl del Lote 2 de queso fresco elaborado a escala piloto (1: Estímulo Constante; 0: Muestra de concentración de NaCl variable).

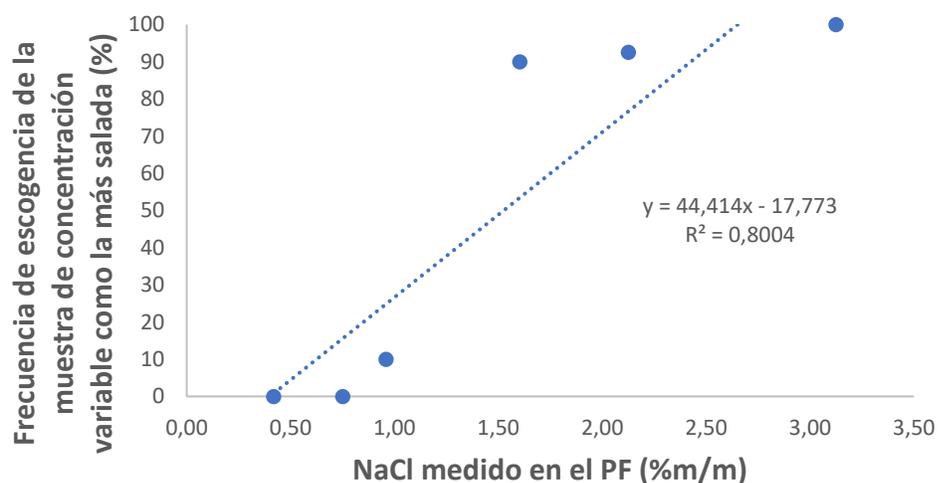
Panelista/NaCl añadido (%)	Frecuencia de escogencia de intensidad de sabor salado percibida					
	0,5	0,8	1,3	2	3,3	5,2
1	1	1	0	0	0	0
2	1	1	1	0	0	0
3	1	1	1	0	0	0
4	1	1	1	0	1	0
5	1	1	1	0	0	0
6	1	1	1	0	0	0
7	1	1	1	0	0	0
8	1	1	1	0	0	0
9	1	1	1	0	0	0
10	1	1	1	0	0	0
11	1	1	1	0	0	0
12	1	1	1	0	0	0
13	1	1	1	0	0	0
14	1	1	1	0	0	0
15	1	1	1	0	0	0
16	1	1	1	0	0	0
17	1	1	1	0	0	0
18	1	1	1	0	0	0
19	1	1	1	0	0	0
20	1	1	1	0	0	0
21	1	1	1	0	0	0
22	1	1	1	0	0	0
23	1	1	1	1	0	0
24	1	1	1	0	0	0
25	1	1	0	0	0	0
26	1	1	1	0	0	0
27	1	1	1	0	0	0
28	1	1	1	1	1	0
29	1	1	0	0	0	0
30	1	1	1	0	0	0
31	1	1	1	0	0	0
32	1	1	1	0	0	0
33	1	1	1	0	1	0
34	1	1	1	0	0	0
35	1	1	1	0	0	0
36	1	1	1	1	0	0
37	1	1	0	1	0	0
38	1	1	1	0	0	0
39	1	1	1	0	0	0
40	1	1	1	0	0	0

**Cuadro IVA.** Resultados generados por programa FIZZ del panel de determinación de umbral de diferencia apenas perceptible (JND) de NaCl del Lote 3 de queso fresco elaborado a escala piloto (1: Estímulo Constante; 0: Muestra de concentración de NaCl variable)

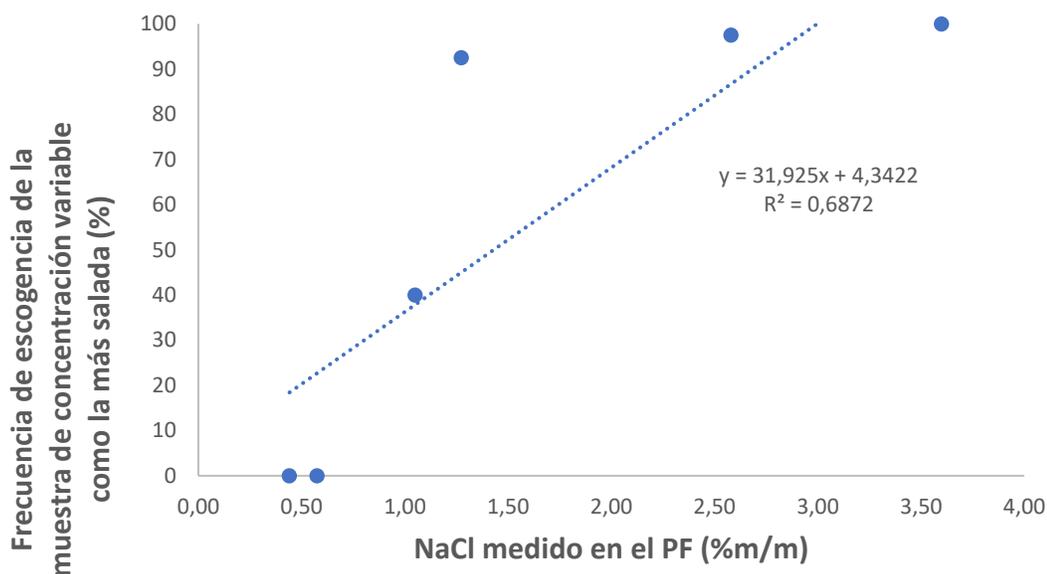
Panelista/NaCl añadido (%)	Frecuencia de escogencia de intensidad de sabor salado percibida					
	0,5	0,8	1,3	2	3,3	5,2
1	1	1	0	0	0	0
2	1	1	1	0	0	0
3	1	1	1	0	0	0
4	1	1	0	0	0	0
5	1	1	0	0	0	0
6	1	1	1	0	0	0
7	1	1	1	0	0	0
8	1	1	1	0	1	0
9	1	1	1	0	0	0
10	1	1	0	0	0	0
11	1	1	1	0	0	0
12	1	1	1	0	0	0
13	1	1	1	0	0	0
14	1	1	0	0	0	0
15	1	1	0	0	0	0
16	1	1	1	0	0	0
17	1	1	0	0	0	0
18	1	1	1	0	0	0
19	1	1	0	0	0	0
20	1	1	0	1	0	0
21	1	1	1	0	0	0
22	1	1	1	0	0	0
23	1	1	1	0	0	0
24	1	1	1	0	0	0
25	1	1	1	0	0	0
26	1	1	1	0	0	0
27	1	1	1	0	0	0
28	1	1	0	0	0	0
29	1	1	1	0	0	0
30	1	1	0	0	0	0
31	1	1	1	0	0	0
32	1	1	0	0	0	0
33	1	1	0	0	0	0
34	1	1	0	0	0	0
35	1	1	0	0	0	0
36	1	1	1	1	0	0
37	1	1	1	1	0	0
38	1	1	1	0	0	0
39	1	1	0	0	0	0
40	1	1	1	0	0	0



**Figura 3A.** Curva psicofísica utilizada para la determinación del umbral de diferencia apenas perceptible de Cloruro de Sodio para el Lote 1 de queso fresco elaborado a escala piloto



**Figura 4A.** Curva psicofísica utilizada para la determinación del umbral de diferencia apenas perceptible de Cloruro de Sodio para el Lote 2 de queso fresco elaborado a escala piloto



**Figura 5A.** Curva psicofísica utilizada para la determinación del umbral de diferencia apenas perceptible de Cloruro de Sodio para el Lote 3 de queso fresco elaborado a escala piloto

**Cuadro VA.** Concentración de Cloruro de Sodio medido en el producto final mediante absorción atómica para cada uno de los lotes de producción de queso fresco de diferentes concentraciones de sal añadida elaborados a escala piloto.

NaCl añadido (%)	NaCl medido en el PF (%)		
	L1	L2	L3
0,5	0,3	0,42	0,44
0,8	0,69	0,75	0,57
1,3	1,1	0,96	1,05
1,5	1,08	1,29	1,1
2	1,26	1,6	1,27
3,3	1,87	2,13	2,58
5,2	2,45	3,13	3,6

**Cuadro VIA.** Resultados generados por programa FIZZ del panel de validación de la reducción de cloruro de sodio en queso fresco elaborado a escala piloto (1: Estímulo Constante; 0: Queso Reducido)

Panelista	Frecuencia de escogencia de intensidad de sabor salado percibida	
	QR3	QR2
1	1	1
2	0	1
3	1	1
4	1	1
5	1	1
6	0	1
7	1	1
8	1	1
9	1	1
10	1	1
11	1	1
12	0	1
13	0	1
14	1	1
15	1	1
16	1	1
17	1	1
18	1	1
19	1	1
20	1	1
21	1	1
22	1	1
23	1	1
24	1	1
25	1	1
26	1	1
27	1	1
28	1	1
29	1	1
30	1	1
31	1	1
32	1	1
33	1	1
34	1	1
35	1	1
36	1	1
37	1	1
38	1	1
39	1	1
40	1	1

**Cuadro VIIA.** Resultados de agrado general generados por programa FIZZ del panel de validación de la reducción de cloruro de sodio en queso fresco elaborado a escala piloto.

Panelista	EC2	QR3	QC	QR2
1	8	8,1	7,4	8
2	6,2	5,8	7,7	5,6
3	9	7,1	9,5	7,7
4	3,1	4	7	5
5	9	9,5	9	10
6	9	6,1	9,1	8
7	10	10	6	7
8	8,1	6	5	7
9	5,9	6,7	7,2	6,3
10	5	6	7	7,6
11	8,7	8,7	9,1	6,5
12	8	8	6,1	9
13	4	7	10	7
14	6,8	6,2	5,9	5,8
15	9	6	8,6	9
16	8,4	6,5	5,5	7,5
17	9	4	8,5	5,5
18	8,5	6	9,4	6
19	7,5	8	7	7,5
20	8	8	8,1	7
21	9	6	7,5	6
22	9	7	9	8
23	8,1	6	3,1	9
24	8	7,6	4	6
25	2	5	6	3
26	9,5	7,7	9	7,6
27	9	8	8	8,5
28	2	3	4	10
29	5,5	8	5,4	4,5
30	8	7,7	7	8,5
31	7,6	7	9	8,3
32	7	9	8,4	8
33	9	8,6	6,3	7,3
34	4	9	7	8
35	9	2	8	3,1
36	8,2	7,4	6,6	8
37	8	8,5	9	7,5
38	7,5	6	8	5
39	8	8	9	9,5
40	7	7,2	8,2	7,5
41	10	8	9	9
42	8	6	6	7
43	7	8,5	7,3	7,5
44	3,2	2	5,9	4

Continuación del **Cuadro VIIA**. Resultados de agrado general generados por programa FIZZ del panel de validación de la reducción de cloruro de sodio en queso fresco elaborado a escala piloto.

<b>Panelista</b>	<b>EC2</b>	<b>QR3</b>	<b>QC</b>	<b>QR2</b>
45	5	8,5	7	5,6
46	7	1	7	7
47	8	7	6	6
48	9,2	9,2	10	10
49	2	1	10	7
50	9,1	9	8	9,1
51	4	7,3	7	2
52	7	10	9	10
53	6	5	7	4,9
54	7,6	4	5,6	8,9
55	9,3	8,8	9,9	8,7
56	8,3	8,7	9	8
57	9	8	8	7
58	6	9,1	7,1	9
59	8	6	5	8
60	6,3	7,7	7,8	9,1
61	8	7	10	9
62	5	5	8	4
63	4	4,9	9	8
64	10	10	10	9,8
65	9	8	6	8
66	7	8	5	4
67	8	8,1	10	6
68	8,7	7	7,6	10
69	4	8	9	6
70	10	9	7	9
71	3	5	8	6
72	7,7	8,4	6,1	7
73	5	7	9	7
74	10	10	10	10
75	9	9,3	10	9,2
76	8	9	8	9
77	6,4	7,8	9	8,3
78	8,5	5,7	9	6,5
79	10	8	7	9
80	9	8	7	6
81	8	6	8	7
82	9	9,9	9	9
83	8	5	7	6
84	4	10	6,7	9,5
85	9	4,1	5,7	7,4
86	7,1	6	5	7

Continuación del **Cuadro VIIA** Resultados de agrado general generados por programa FIZZ del panel de validación de la reducción de cloruro de sodio en queso fresco elaborado a escala piloto.

Panelista	EC2	QR3	QC	QR2
87	8,1	6,5	8	7
88	7	9	8	6
89	9	9	9,5	8
90	9	8	7	7
91	9,6	9	9,6	10
92	8	7,3	8,6	8
93	9,5	9	9	6
94	6	5	7	5
95	4	8	10	9
96	7	4,7	4	3
97	9	7	9	7
98	9	9	7,9	10
99	7,1	8	8	7
100	10	10	5,1	10
101	2,8	5,9	4,3	1,6
102	10	10	9	10
103	8	7	8	7,8
104	5	4	6	5
105	10	8,5	10	8,5
106	10	9,8	9,9	7
107	8	9	7	8
108	8	9	5	7
109	7	6	5	3
110	9,9	9,6	7,7	9,5
111	8	8,8	9	7,7
112	9,9	10	10	10
113	9,4	9,6	9,5	9,4
114	7	9,1	10	9,1
115	6	8	4	8
116	8	7,5	7	9
117	0,8	9	9,3	1
118	10	9	4	9
119	6,3	8,8	7	6,3
120	7	7,6	8,2	8,7
121	4	9,5	9,6	7
122	7	3,8	10	4,9
123	4,1	6	9	7
124	1	4,2	3,1	8,2
125	7	8	9	7,5
126	9,1	5	9	6
127	9	8	5	3,5
128	10	8	10	10

Continuación del **Cuadro VIIA** Resultados de agrado general generados por programa FIZZ del panel de validación de la reducción de cloruro de sodio en queso fresco elaborado a escala piloto.

<b>Panelista</b>	<b>EC2</b>	<b>QR3</b>	<b>QC</b>	<b>QR2</b>
<b>129</b>	8	1	10	6
<b>130</b>	9	8	10	7
<b>131</b>	9	9,1	7,5	5
<b>132</b>	5,1	5	5	9,1
<b>133</b>	6,6	4	9,1	10
<b>134</b>	10	10	9	8
<b>135</b>	4,3	8,2	8,3	6,9
<b>136</b>	9	8	9	7
<b>137</b>	10	9	10	9
<b>138</b>	9	8	9	7,8

**Cuadro VIII.A.** Parámetros del perfil de textura medidos para cada queso con diferentes cantidades de NaCl añadido

NaCl añadido (%)	Lote	Dureza	Adhesividad	Masticabilidad	Elasticidad	Cohesividad
0,5	L1	40,41	-0,45	0,20	8,49	0,59
0,5	L2	49,74	-0,79	0,24	8,27	0,59
0,5	L3	33,07	-0,75	0,16	8,48	0,55
0,8	L1	27,67	-0,73	0,12	8,53	0,51
0,8	L2	40,38	-0,73	0,21	8,47	0,63
0,8	L3	29,01	-1,22	0,11	8,38	0,47
1,3	L1	24,23	-0,46	0,12	8,58	0,55
1,3	L2	41,50	-0,54	0,22	8,36	0,64
1,3	L3	23,33	-1,04	0,09	8,32	0,44
1,5	L1	19,67	-0,65	0,08	8,56	0,46
1,5	L2	39,68	-0,61	0,20	8,42	0,60
1,5	L3	27,17	-0,67	0,10	8,35	0,45
2,0	L1	22,69	-0,43	0,09	8,55	0,45
2,0	L2	41,31	-0,79	0,19	8,57	0,53
2,0	L3	29,46	-0,87	0,12	8,34	0,50
3,3	L1	38,16	-0,31	0,16	8,43	0,47
3,3	L2	51,43	-0,90	0,21	8,49	0,47
3,3	L3	36,70	-0,67	0,08	8,27	0,34
5,2	L1	30,03	-0,46	0,10	8,50	0,40
5,2	L2	54,87	-0,87	0,17	8,53	0,37
5,2	L3	29,81	-0,30	0,08	8,28	0,31

**Cuadro IXA.** Pérdida de suero medida en el almacenamiento para cada queso con diferentes cantidades de NaCl añadido

<b>Lote</b>	<b>Día</b>	<b>NaCl añadida (%)</b>	<b>Pérdida de suero (%)</b>
L1	4	0,5	3,79
L1	7	0,5	5,39
L1	8	0,5	6,27
L1	9	0,5	5,74
L1	10	0,5	6,44
L1	11	0,5	6,75
L1	4	0,8	2,04
L1	7	0,8	3,07
L1	8	0,8	3,43
L1	9	0,8	3,34
L1	10	0,8	3,96
L1	11	0,8	3,57
L1	4	1,3	1,47
L1	7	1,3	3,78
L1	8	1,3	3,20
L1	9	1,3	3,18
L1	10	1,3	3,60
L1	11	1,3	3,68
L1	4	1,5	2,09
L1	7	1,5	3,04
L1	8	1,5	3,21
L1	9	1,5	4,15
L1	10	1,5	4,95
L1	11	1,5	4,71
L1	4	2,0	2,81
L1	7	2,0	3,45
L1	8	2,0	3,49
L1	9	2,0	2,98
L1	10	2,0	3,61
L1	11	2,0	3,42
L1	4	3,3	1,84
L1	7	3,3	2,83
L1	8	3,3	2,89
L1	9	3,3	2,29
L1	10	3,3	3,34
L1	11	3,3	2,84
L1	4	5,2	1,50
L1	7	5,2	1,40
L1	8	5,2	1,04
L1	9	5,2	1,41
L1	10	5,2	1,47
L1	11	5,2	2,25
L2	4	0,5	0,76

Continuación del **Cuadro IXA**. Pérdida de suero medida en el almacenamiento para cada queso con diferentes cantidades de NaCl añadido

Lote	Día	NaCl añadida (%)	Pérdida de suero (%)
L2	7	0,5	1,56
L2	8	0,5	0,75
L2	9	0,5	1,13
L2	10	0,5	1,43
L2	11	0,5	1,42
L2	4	0,8	0,86
L2	7	0,8	2,99
L2	8	0,8	1,35
L2	9	0,8	1,76
L2	10	0,8	2,37
L2	11	0,8	2,42
L2	4	1,3	1,70
L2	7	1,3	3,10
L2	8	1,3	1,66
L2	9	1,3	1,91
L2	10	1,3	1,83
L2	11	1,3	1,93
L2	4	1,5	1,77
L2	7	1,5	3,02
L2	8	1,5	1,43
L2	9	1,5	1,68
L2	10	1,5	2,05
L2	11	1,5	2,50
L2	4	2,0	1,64
L2	7	2,0	1,28
L2	8	2,0	1,80
L2	9	2,0	1,86
L2	10	2,0	2,13
L2	11	2,0	1,79
L2	4	3,3	1,04
L2	7	3,3	1,30
L2	8	3,3	1,53
L2	9	3,3	1,54
L2	10	3,3	2,18
L2	11	3,3	0,99
L2	4	5,2	0,49
L2	7	5,2	0,95
L2	8	5,2	0,76
L2	9	5,2	1,31
L2	10	5,2	0,92
L2	11	5,2	0,98
L3	4	0,5	2,46
L3	7	0,5	2,46
L3	8	0,5	2,50

Continuación del **Cuadro IXA**. Pérdida de suero medida en el almacenamiento para cada queso con diferentes cantidades de NaCl añadido

Lote	Día	NaCl añadida (%)	Pérdida de suero (%)
L3	9	0,5	2,62
L3	10	0,5	2,80
L3	11	0,5	3,29
L3	4	0,8	1,99
L3	7	0,8	2,24
L3	8	0,8	2,15
L3	9	0,8	3,29
L3	10	0,8	3,34
L3	11	0,8	3,26
L3	4	1,3	1,78
L3	7	1,3	2,42
L3	8	1,3	2,78
L3	9	1,3	2,67
L3	10	1,3	2,47
L3	11	1,3	2,55
L3	4	1,5	1,72
L3	7	1,5	2,67
L3	8	1,5	2,70
L3	9	1,5	2,95
L3	10	1,5	3,74
L3	11	1,5	3,44
L3	4	2,0	1,36
L3	7	2,0	1,48
L3	8	2,0	1,54
L3	9	2,0	1,99
L3	10	2,0	1,97
L3	11	2,0	2,18
L3	4	3,3	0,59
L3	7	3,3	0,99
L3	8	3,3	1,43
L3	9	3,3	1,22
L3	10	3,3	1,52
L3	11	3,3	1,66
L3	4	5,2	0,72
L3	7	5,2	0,80
L3	8	5,2	0,82
L3	9	5,2	1,35
L3	10	5,2	2,14
L3	11	5,2	0,86

**Cuadro XA.** Porcentaje de humedad, pérdida de NaCl, rendimiento y concentración de NaCl en el Suero para cada uno de los quesos con diferente concentración de los tres lotes

NaCl añadido (%)	Lote	Humedad (%)	Rendimiento (%)	Pérdida de NaCl (%m/m)	NaCl en el suero (%)
0,5	L1	48,85	72,97	0,20	1,01
0,5	L2	49,03	72,38	0,08	0,71
0,5	L3	50,64	81,26	0,06	0,80
0,8	L1	51,14	72,72	0,11	1,09
0,8	L2	53,43	67,43	0,05	0,90
0,8	L3	52,97	87,36	0,23	2,39
1,3	L1	53,01	74,34	0,20	1,89
1,3	L2	51,46	68,85	0,34	2,07
1,3	L3	54,94	88,57	0,25	3,25
1,5	L1	50,00	73,34	0,42	2,66
1,5	L2	50,61	76,37	0,21	2,21
1,5	L3	53,42	89,99	0,40	5,40
2,0	L1	50,35	72,96	0,74	4,00
2,0	L2	52,47	72,11	0,40	3,04
2,0	L3	53,22	88,89	0,73	4,09
3,3	L1	49,68	71,85	1,43	6,95
3,3	L2	50,80	72,36	1,17	6,39
3,3	L3	50,01	87,45	0,72	5,25
5,2	L1	48,86	63,50	2,75	8,08
5,2	L2	49,92	73,35	2,07	10,91
5,2	L3	49,12	84,60	1,60	9,03