

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO



FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Trabajo de grado previo a la obtención del título de Ingeniera Agroindustrial

TRABAJO DE TITULACIÓN

**“CORRELACIÓN DEL PERFIL DE TEXTURA (TPA) ENTRE EL
ANÁLISIS INSTRUMENTAL Y EL ANÁLISIS SENSORIAL DEL
QUESO FRESCO”**

AUTORA:

Dayana Verónica Bermeo Capelo

TUTORA:

PhD. Davinia Sánchez Macías

Riobamba - Ecuador

Año 2019

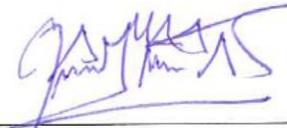
REVISIÓN DEL TRIBUNAL

Los miembros del tribunal de graduación del proyecto de investigación de título: “Correlación del perfil de textura (TPA) entre el análisis instrumental y el análisis sensorial del queso fresco” presentado por Dayana Verónica Bermeo Capelo y dirigida por la Dra. Davinia Sánchez Macías.

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Chimborazo.

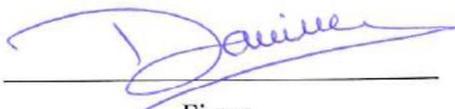
Para constancia de lo expuesto firman:

PhD. Darío Baño
Presidente del tribunal



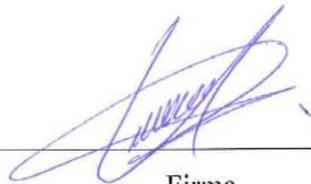
Firma

Dra. PhD. Davinia Sánchez
Directora del proyecto de Investigación



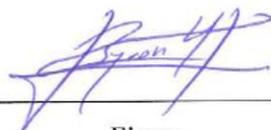
Firma

MgS. Diego Moposita
Miembro del Tribunal



Firma

MgS. Byron Herrera
Miembro del Tribunal



Firma

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Yo, Dra. Davinia Sánchez, en calidad de tutor de tesis, cuyo tema es: “CORRELACIÓN DEL PERFIL DE TEXTURA (TPA) ENTRE EL ANÁLISIS INSTRUMENTAL Y EL ANÁLISIS SENSORIAL DEL QUESO FRESCO”, certifico; que el informe final del trabajo investigativo, ha sido revisado y corregido, razón por la cual autorizo a la estudiante Dayana Verónica Bermeo Capelo, para que se presenten ante el tribunal de defensa respectivo para que se lleve a cabo la sustentación de su Tesis.

Atentamente,



Dra. Davinia Sánchez

Tutor del Proyecto

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La responsabilidad del contenido de este proyecto de Graduación, nos corresponde exclusivamente a Dayana Verónica Bermeo Capelo y a la Directora del Proyecto Dra. Davinia Sánchez Macías, incluyendo todas las tablas y figuras que se encuentran en este trabajo, excepto las que contienen su propia fuente, y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo.



Dayana Verónica Bermeo Capelo.

C.I. 060515208-1

Autor del proyecto.



Dra. Davinia Sánchez Macías.

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de investigación a Dios quién supo darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en el transcurso de mi etapa universitaria. A la memoria de mi hija por ser la máxima inspiración y mi ángel guardián que guía mis pasos desde el cielo.

A mis padres y hermanos, porque ellos siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo, y sus consejos para hacer de mí una mejor persona.

A mi esposo por su sacrificio y esfuerzo, por apoyarme con una carrera para nuestro futuro y por creer en mi capacidad, aunque hemos pasado por momentos difíciles siempre ha estado brindándome su paciencia, amor y comprensión.

Dayana Verónica Bermeo Capelo

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por la vida, por permitirme terminar mi carrera con buenas bases y conocimientos que me servirá para ser una buena profesional.

A mi familia toda, porque es lo más valioso que Dios me ha dado en la vida, especialmente a mi madre por brindarme su apoyo incondicional durante este largo caminar estudiantil.

Agradezco de corazón a la Doctora Davinia Sánchez, por ser la columna principal que encaminó ésta investigación, que gracias a sus conocimientos, experiencia, confianza y capacidad para guiar mis ideas, puede terminar de la mejor manera esta investigación. Le agradezco también, por facilitarme todos los medios suficientes para llevar a cabo todas las actividades propuestas durante el desarrollo de este trabajo. Pero sobre todo por su calidad de ser humano que le caracteriza.

Al MgS. Diego Moposita Vásquez y al MgS. Byron Herera Cháavez, por su colaboración y preocupación permanente durante la elaboración y desarrollo de esta investigación.

A cada uno de los docentes de la carrera de Ingeniería Agroindustrial, por su ayuda y responsabilidad en cada clase compartida, pero sobre todo gracias por su amistad.

A mis amigos de la carrera, por darme la oportunidad de conocerles y brindarme su amistad incondicional, gracias también por tantas experiencias compartidas en la etapa universitaria.

Y para finalizar quiero agradecer a mis compañeros y docentes del grupo PROANIN, quienes se han convertido en mi familia y han sido parte fundamental en la realización de este trabajo investigación.

Dayana Verónica Bermeo Capelo

ÍNDICE GENERAL

REVISIÓN DEL TRIBUNAL	I
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	II
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
RESUMEN	X
ABSTRACT	X1
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	5
2.1. Objetivo General	5
2.2. Objetivos Específicos	5
3. ESTADO DEL ARTE RELACIONADO AL TEMA DE INVESTIGACIÓN	6
3.1. Queso fresco	6
3.2. Análisis de textura en quesos	6
3.3. Análisis sensorial	7
3.4. Análisis de perfil de textura (TPA)	7
3.5. Correlación entre medidas sensoriales e instrumentales de quesos	9
4. METODOLOGÍA	10
4.1. Tipo de estudio	10
4.2. Población y muestra	10
4.3. Procedimientos	11
4.3.1. Evaluación Sensorial.....	11
4.3.2. Preparación de muestras para el análisis de textura instrumental	14
4.4. Análisis estadístico	16

5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
5.1.	RESULTADOS.....	17
5.1.1.	Características de textura sensorial del queso fresco	17
5.1.2.	Características de textura instrumental de queso fresco	18
5.1.3.	Correlación entre textura sensorial e instrumental	24
5.1.4.	Análisis de componentes principales	25
5.2.	DISCUSIÓN.....	28
5.2.1.	Efecto del porcentaje de compresión y tamaño sobre los resultados del análisis instrumental.....	28
5.2.2.	Asociatividad entre textura sensorial e instrumental	28
5.2.3.	Análisis multiparamétricos.....	29
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	31
6.1.	CONCLUSIONES.....	31
6.2.	RECOMENDACIONES.....	31
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	33
8.	ANEXOS.....	36

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Protocolos de TPA (Análisis de Perfil de Textura) utilizados en distintas variedades de queso.....	3
Tabla 2 Entrenamiento mediante pruebas descriptivas para el análisis sensorial.....	11
Tabla 3 Definiciones de los parámetros de textura sensorial del queso fresco utilizado para el entrenamiento y establecimiento del perfil sensorial cuantitativo.	12
Tabla 4 Clasificación de muestras de queso tipo fresco.	14
Tabla 5 Definiciones de los parámetros de textura obtenidos con el equipo TexturePro CT Brookfield.....	16
Tabla 6 Valores medios en la evaluación sensorial en muestras de queso fresco	17

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Gráfica general del perfil de textura.....	8
Figura 2 Ejemplo de escala de referencia de entrenamiento del parámetro de dureza en boca con productos de referencia	13
Figura 3 Presentación de muestras cilíndricas de 2cm de diámetro x 3cm de altura	13
Figura 4 Evaluación de ciertos parámetros de textura sensorial por parte de los jueces semi-entrenados.....	14
Figura 5 TexturePro CT V1.6 Build 26 marca Brookfield USA	15
Figura 6 Pieza TA4/1000 con muestra cilíndrica de 2 cm de diámetro x 3cm de altura	15
Figura 7 Diagrama de distancias euclidianas en parámetros de textura.....	18
Figura 8 Análisis de componentes principales de los parámetros de textura instrumental de muestras cilíndricas, tanto de 2 y 3 cm de diámetro y de porcentajes de compresión de 50 y 75%, marcadas por el nivel de velocidad de la prueba 0,3; 0,7 y 1 mm/s.....	19
Figura 9 Análisis de componentes principales de los parámetros de textura instrumental de muestras cilíndricas, tanto a los porcentajes de compresión de 50 y 75% y a velocidades de prueba de 0,3; 0,7 y 1 mm/s, marcadas por tamaño de 2 y 3 cm de diámetro.....	19
Figura 10 Análisis de componentes principales de los parámetros de textura instrumental de muestras cilíndricas, tanto de 2 y 3 cm de diámetro y de velocidades de prueba 0,3; 0,7 y 1 mm/s, marcadas por porcentajes de compresión de 50 y 75%	20
Figura 11 Diagrama de distancias euclidianas de los diferentes protocolos empleados en la textura instrumental en muestras cilíndricas de queso fresco	21

Figura 12	Análisis de componentes principales de los parámetros de textura instrumental de muestras cúbicas, tanto de 1,5 y 2 cm ³ y de porcentajes de compresión de 50 y 75%, marcadas por el nivel de velocidad de la prueba 0,3; 0,7 y 1 mm/s.....	22
Figura 13	Análisis de componentes principales de los parámetros de textura instrumental de muestras cúbicas, con velocidades de prueba 0,3; 0,7 y 1 mm/s y con porcentajes de compresión de 50 y 75%, marcadas por tamaño tanto de 1,5 y 2 cm ³	22
Figura 14	Análisis de componentes principales de los parámetros de textura instrumental de muestras cúbicas, tanto de 1,5 y 2 cm ³ y de velocidades de prueba de 0,3; 0,7 y 1 mm/s, marcadas por porcentajes de compresión de 50 y 75%	23
Figura 15	Diagrama de distancias euclidianas separadas por los protocolos empleados en la prueba de textura instrumental en muestras cúbicas de queso fresco	24
Figura 16	Análisis de componentes principales entre los parámetros de textura instrumental y sensorial separado por las variables porcentaje de compresión y tamaño en muestras cilíndricas.....	26
Figura 17	Análisis de componentes principales entre los parámetros de textura instrumental y sensorial separado por las variables porcentaje de compresión y tamaño en muestras cúbicas	27

RESUMEN

La textura sensorial puede determinar el nivel de aceptación de un alimento, y por tanto se convierte en un parámetro de calidad. Cuantificar esta propiedad es difícil ya que el comportamiento del flujo en la boca es muy complejo. Por lo cual, el análisis del perfil de textura (TPA) se ha convertido en un procedimiento instrumental que simula la masticación, sin embargo, no existe un protocolo definido respecto a las variables que pueden afectar al TPA al momento de la prueba. En esta investigación se comparó y relacionó el análisis de textura sensorial del queso fresco con parámetros de textura instrumental mediante la aplicación de diferentes protocolos. El análisis sensorial se realizó con un panel de 17 jueces semi-entrenados. Para el análisis instrumental se utilizó muestras cilíndricas de 2 y 3cm de diámetro y muestras cúbicas de 1.5 y 2cm³, a dos porcentajes de compresión (50 y 75%) y tres niveles de velocidad (0.3 mm/s; 0.7 mm/s o 1mm/s). En este estudio se encontró que la forma y tamaño como el porcentaje de compresión de la prueba utilizada en el equipo son factores que afectan a los resultados de los parámetros de textura instrumental. Como conclusiones más relevantes se sugiere utilizar el protocolo que utiliza muestras cilíndricas de 3cm de diámetro y muestras cúbicas de 2cm³, ambas comprimidas al 75% ya que este porcentaje de compresión ofrece mayor información al momento de la prueba y agrupa mejor los datos del análisis sensorial e instrumental cuando se utiliza métodos multivariantes.

Palabras claves: Sensorial, textura, protocolos.

ABSTRACT

The sensory texture can determine the level of acceptance of food, and therefore it becomes a quality parameter. Quantifying this property is difficult since the flow behavior in the mouth is very complex. Therefore, texture profile analysis (TPA) has become an instrumental procedure that simulates chewing, however, there is no defined protocol regarding the variables that can affect the TPA at the time of testing. In this research, the sensory texture analysis of fresh cheese was compared and contrast with instrumental texture parameters through the application of different protocols. The sensory analysis was performed with a panel of 17 semi-trained judges. For the instrumental analysis, cylindrical samples of 2 and 3cm diameter and cubic samples of 1.5 and 2cm³ were used, at two percentages of compression (50 and 75%) and three speed levels (0.3 mm/s, 0.7 mm/s or 1mm/s). In this study it was found that the shape and size as the compression percentage of the test used in the equipment are factors that affect the results of the instrumental texture parameters. As the most relevant conclusions, it is suggested to use the protocol that uses cylindrical samples of 3cm diameter and 2cm³ cubic samples, both compressed to 75% since this percentage of compression offers more information at the time of the test and better groups the sensory analysis data and instrumental and multivariate methods are used.

Keywords: Sensory, texture, protocols.



Reviewed by: Valle, Doris

Language Center Teacher



1. INTRODUCCIÓN

El queso es un producto lácteo de amplio consumo a nivel mundial, que contiene la mayor parte de los nutrientes presentes en la leche (Gil, 2010) y se caracteriza por el gran valor nutricional que aporta a la dieta diaria con proteínas, materia grasa, vitaminas A y D y minerales como el calcio, sodio entre otros (Serra y Aranceta, 2006). Se estiman más de 2000 variedades de queso (Gunasekaran y Ak, 2003) entre frescos, semi-madurados y madurados cuyas propiedades fisicoquímicas, nutricionales, funcionales y texturales difieren de cada tipo. Sin embargo, en nuestro país predomina el consumo de queso tipo fresco (Lasso y Jiménez, 2015) ya que ocho de cada 10 ecuatorianos compran este tipo de queso, seguido del queso mozzarella, queso crema, queso maduro, semimaduro y el queso de cabra (Orozco, 2015).

La producción de queso fresco, como su nombre lo indica, es un queso que no pasa por un proceso de maduración y consiste esencialmente en la obtención de la cuajada, que no es más que la coagulación de la proteína de la leche (caseína) por la acción de la enzima renina o cuajo. Es ampliamente utilizado como ingrediente principal de una amplia gama de platillos gastronómicos o a su vez puede ser consumido de forma directa.

La textura es un factor muy importante al momento de seleccionar y preferir un alimento por parte de los consumidores, por lo que se convierte en un parámetro de calidad. Tunick (2007) define a la textura de un producto alimenticio cuando se refiere al flujo, deformación y desintegración de una muestra bajo la acción de una fuerza, relacionándose en forma estricta con alimentos de tipo sólido como el queso. Cabe indicar que la textura no se trata de la propiedad de un producto, sino un conjunto de propiedades, la misma que puede ser evaluada sensorial e instrumentalmente, pues esta relación no puede ser separada una de otra, debido a que es necesario conocer las propiedades mecánicas, geométricas y de superficie que son percibidas tanto por jueces humanos como por métodos instrumentales.

Existen diferentes métodos para determinar la textura de los alimentos, entre los más utilizados están los métodos instrumentales y métodos sensoriales. Generalmente se usan los métodos instrumentales para caracterizar el producto, para ver diferencias entre productos o para mantener la homogeneidad del producto en el mercado logrando así

cumplir con los parámetros de calidad y autenticidad del tipo de queso (Magenis y col., 2014).

En trabajos anteriores el grupo de investigación PROANIN (Producción animal e industrialización de la Universidad Nacional de Chimborazo) realizó una investigación exploratoria, con el propósito de destacar la problemática relacionada con los factores extrínsecos del producto como: velocidad de la prueba, porcentaje de compresión, tamaño o forma de la muestra, los mismos que proporcionan diferente información de textura instrumental para un mismo queso, tal como se observa en la tabla 1. Sin embargo, no existe un protocolo específico que correlacione los parámetros de textura respecto al análisis instrumental con el análisis sensorial percibida por los jueces semi-entrenados.

Nogales (2018) recomendó que se realice un análisis descriptivo sensorial con muestras de queso similares a las analizadas (cilindros 2 y 3 cm de diámetro y cubos 1,5 y 2 cm³), para ser comparadas con los resultados obtenidos mediante el estudio efecto de la forma y dimensión de muestras de queso fresco y velocidad de prueba sobre el análisis de perfil de textura instrumental. Por tal motivo, el objetivo de la presente investigación es comparar y relacionar el análisis de textura sensorial del queso fresco con parámetros de textura instrumental obtenido a partir del uso de diferentes protocolos de TPA, formas y tamaños de las muestras, de queso fresco.

Tabla 1 Protocolos de TPA (Análisis de Perfil de Textura) utilizados en distintas variedades de queso.

Tipo de queso	Tipo de instrumento utilizado	Forma y dimensión de las muestras	Velocidad de prueba	Porcentaje de compresión	Referencia
Queso fresco (sin iniciadores lácticos)	TA-TX2 Texture Analyzer	Cilindros de 25 mm de diámetro por 20 mm de altura.	0,8 mm/s	80%	Zamora (2009)
Queso fresco elaborado con leche de cabra cruda, pasteurizada y tratada a altas presiones	TA-TX2 Texture Analyzer	Cubos de 10 mm.	1,3 mm/s	80%	Buffa y col. (2001)
Queso suave de leche de cabra	Máquina universal de ensayos (modelo SM-25-155, Material Testing Products Systems Corp., Eden Prairie, MN).	Bloques cilíndricos de aprox. 14,5 mm de diámetro y altura.	1,6 mm/s	75%	Van Hekken y col. (2005)
Queso fresco de México	Máquina universal de ensayos Sintech 1/G (MSS Systems, Eden Prairie, MN).	Cilindros de 15mm de diámetro y 15 mm de altura.	1,6 mm/s	75%	Tunick y Van Hekken (2010)
Queso de oveja	Analizador de Textura Universal Stable Micro System TAXT2i	Cilindros de 20 mm de diámetro y de 17 mm de altura.	0,8 mm/s	20%	Santini y col. (2007)
Queso elaborado con suero concentrado por ultrafiltración.	Máquina universal de ensayos.	Cilindros de 20 mm de diámetro y de 20 mm de altura.	0,16 mm/s.	20%	Guerrero y col. (2005)
Queso elaborado con suero concentrado por ultrafiltración	Máquina universal de ensayos	Cilindros de 20 mm de diámetro y de 20 mm de altura.	1,66mm/s.	75%	Guerrero y col. (2005)

Queso fresco Minas	TA-XT2i (Stable Micro Systems Ltd., Godalming, Inglaterra)	Cilindros de 2,5 cm de diámetro y 3 cm de altura.	2 mm/s	20%	Diamantino y col. (2014)
Quesos bajos en grasa, grasa completa y ahumados	Máquina de prueba universal (Stable Micro Systems, Modelo TA-XT2, Scarsdale, NY, EE.UU.)	Cubos 20 mm ³ .	1 mm/s	50%	Adhikari y col. (2003)
Queso azul español (queso Valdeón)	Texturómetro de Software experto (Stable Micro Systems) (Godalming, Reino Unido).	Cilindros 15 mm de diámetro y 19 mm de altura.	0,5 mm/s	80%	Diezhandino (2016)
Queso duro con bajo contenido de sal	Texturómetro de Sistemas Micro estable TA-XT2i (Textura Technologies Corp., White Plains, NY, EE.UU.)	Cilindros 3 cm de diámetro y 2 cm de altura.	1mm/s	55%	Floury y col. (2009)
Queso reducido en grasa (hecho con leche descremada)	Texturometer de Sistemas Micro estable modelo TA-XT2i (Texture Technologies Corp., White Plains, NY, EE.UU.)	Cilindros de 1 cm de diámetro y 1 cm de altura.	2 mm/s	50%	Lobato-Calleros y col. (2008)
Queso de cabra de estilo artesanal	Analizador de Textura TA-XT2i (Stable Micro Systems Ltd. Godalming, Reino Unido).	Muestras cilíndricas de 2 cm de diámetro y 5 cm de altura.	0.33 mm/s	75%	Sánchez Macías y col. (2010)

Fuente: Nogales. D, Sánchez. D (2018)

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

- Comparar y relacionar el análisis de textura sensorial del queso fresco con parámetros de textura instrumental obtenido a partir del uso de diferentes protocolos de TPA, formas y tamaños de las muestras.

2.2. Objetivos Específicos

- Revisar la literatura científica para analizar los diferentes protocolos que utilizan para el desarrollo del análisis de textura sensorial con la textura instrumental, en muestras de quesos realizados en otros trabajos de investigación.
- Aplicar protocolos para el reclutamiento, entrenamiento y selección del panel de jueces semi-entrenados para el análisis de textura sensorial y desarrollo del perfil de textura del queso fresco.
- Correlacionar estadísticamente los datos de textura sensorial e instrumental seguido de un análisis de conglomerados, componentes principales y correlación de Pearson.
- Definir un protocolo a seguir que mejor relacione los parámetros sensoriales con los datos instrumentales en queso tipo fresco.

3. ESTADO DEL ARTE RELACIONADO AL TEMA DE INVESTIGACIÓN

3.1. Queso fresco

De acuerdo al Codex Alimentarius de la FAO/OMS (2013), el queso es un producto sólido o semisólido madurado o fresco, cuya relación entre las proteínas del suero y la caseína no supera al de la leche, y que es obtenido por coagulación total o parcial de la leche por medio de la acción del cuajo u otros agentes coagulantes adecuados, previamente escurrido parcialmente el suero.

Según la norma INEN 1528 (2012) de Ecuador, se define como queso fresco “al queso no madurado, ni escaldado, moldeado, de textura relativamente firme, levemente granular, preparado con leche entera, semidescremada, coagulada con enzimas y/o ácidos orgánicos, generalmente sin cultivos lácticos. También se conoce como queso blanco”.

3.2. Análisis de textura en quesos

Una de las características físicas más importantes en quesos es la textura, ya que se considera como un parámetro de calidad cuyas características son decisivas para los consumidores y fabricantes. Por otro lado, Bourne (2002) define la textura como un factor muy importante que determina la calidad de un alimento. Particularmente en el queso, la textura es uno de los atributos más importantes que ayudan a determinar la identidad y tipo de queso. Según la norma UNE 87-001 (1994), la textura “es un conjunto de propiedades mecánicas, geométricas y de superficie en un producto perceptibles por los mecano-receptores, los receptores táctiles y en ciertos casos los visuales y auditivos”. Las propiedades mecánicas son aquellas relacionadas con la reacción del producto a una fuerza. Están divididas en cinco características primarias: dureza, cohesividad, viscosidad, elasticidad y adhesividad. Las propiedades geométricas son aquellas que se relacionan con la forma, tamaño y orientación de las partículas dentro del alimento y las propiedades de superficie se relacionan con la percepción de humedad o contenido de grasa (Szczesniak, 2002).

Los atributos de calidad textural pueden ser evaluados mediante un análisis descriptivo sensorial e instrumental. La combinación de tiempo y el alto costo asociado con el análisis de textura sensorial ha motivado el desarrollo de pruebas instrumentales que correlacionen positiva o negativamente con el análisis de textura sensorial (Chen, 2013). El análisis de textura instrumental es una técnica de medida que ofrece datos fiables bajo condiciones normalizadas y objetivas, pero no necesariamente relacionan la intensidad percibida por los sentidos humanos, debido principalmente a la dificultad de reproducir y simular las condiciones de la boca cuando el alimento es consumido (Funami y col., 2012).

3.3. Análisis sensorial

La palabra sensorial se deriva del latín *sensus*, que significa sentido. El análisis sensorial es una disciplina que permite definir, analizar e interpretar objetivamente las características percibidas por los sentidos, de tal forma que un catador entrenado se convierte en un instrumento de medida fiable como lo puede ser una balanza o un texturómetro. (Hernández, 2005). Existen tres tipos de pruebas que evalúan la textura sensorial: pruebas hedónicas/ afectivas, cuyo objetivo es determinar si los consumidores aceptan o no un producto, y las pruebas de discriminación y las pruebas descriptivas son pruebas analíticas que utilizan a los humanos como instrumentos para medir y cuantificar las propiedades sensoriales de los alimentos.

Las pruebas analíticas más empleadas para la evaluación de quesos son las descriptivas, ya que constituyen una herramienta para diferenciar cualitativa y cuantitativamente diversos tipos de quesos. Para realizar un análisis sensorial descriptivo es necesario: 1) selección de un panel, 2) entrenamiento en base a los descriptores del perfil sensorial del producto en estudio, y 3) definir la escala de evaluación, usualmente numéricas, con el menor puntaje de calificación en el lado izquierdo y el mayor en el derecho (Chen, 2013).

3.4. Análisis de perfil de textura (TPA)

El TPA se ha convertido en una prueba ampliamente utilizada como medición instrumental, que trata de simular las condiciones del proceso de masticación, motivo por el cual los resultados obtenidos mediante esta técnica deben mantener una buena

correlación con los alcanzados mediante el análisis sensorial. Para realizar este tipo de pruebas, es necesario el uso de un analizador de textura o también llamados texturómetros, los mismos que utilizan una doble compresión, en donde la compresión inicial puede variar de acuerdo al tipo de queso, seguida de una segunda compresión. El resultado obtenido relaciona la fuerza requerida en función al tiempo, mediante una curva que permite definir varios parámetros de textura como indica la figura 1, tales como dureza, fracturabilidad, adhesividad, elasticidad, cohesividad, y masticabilidad, entre otros.

A partir de la siguiente figura se definen los siguientes parámetros de textura:

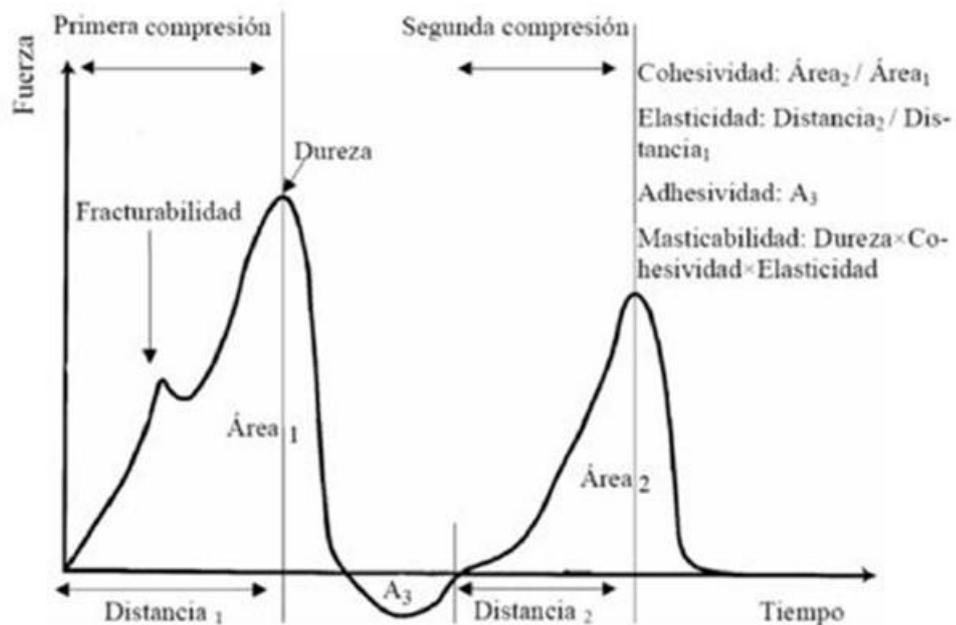


Figura 1 Gráfica general del perfil de textura

Fuente: Hleap y Velasco, (2010)

Son muchos los alimentos que utilizan esta clase de prueba, entre los principales tenemos productos cárnicos, frutas y diferentes tipos de quesos (Castro y col., 2014). Uno de los componentes que proporciona las diferencias en los análisis de textura en quesos es el tiempo de maduración, ya que modifica la dureza, continuando con la adhesividad y la cohesividad. La investigación realizada por Osorio y col. (2004) es un ejemplo de ello, en su trabajo sobre caracterización textural y fisicoquímica del queso Edam. Los

resultados indicaron que los parámetros texturales tales como la dureza, cohesividad, adhesividad y masticabilidad son dependientes del tiempo de maduración. Por otro lado, otro de los factores que afectan las propiedades texturales en los alimentos especialmente en quesos, es su composición fisicoquímica: contenido de grasa, proteínas y humedad, aunque también interviene la tecnología de procesamiento (Jaros y col., 2001) siendo estos cambios los responsables de las modificaciones de las propiedades texturales.

Sin embargo, si los datos obtenidos de un equipo para un mismo queso se ven afectados por factores extrínsecos al producto, podríamos incurrir en incertidumbre acerca de las características del producto. Por lo tanto, es necesario verificar hasta qué punto los factores como la velocidad de la prueba, el porcentaje de compresión o el tamaño y forma de la muestra puede afectar a la información sobre los parámetros de textura en el queso.

3.5. Correlación entre medidas sensoriales e instrumentales de quesos

En el análisis de textura de quesos, se han desarrollado diferentes investigaciones buscando explorar las relaciones entre las medidas de textura instrumental y la textura sensorial. Algunos de los parámetros texturales han mostrado una correlación positiva con las percepciones sensoriales. Sin embargo, esta relación varía dependiendo del tipo de queso, atributo evaluado y las condiciones de la prueba instrumental (Brown, 2003).

Las correlaciones entre las medidas instrumentales y sensoriales de la textura dan como resultado: 1) la búsqueda de instrumentos para medir el control de calidad de los alimentos en las industrias; 2) predecir la respuesta del consumidor, como el grado de aceptación de un nuevo producto; 3) comprender lo que siente y se percibe en la boca durante la evaluación de la textura sensorial; 4) optimizar y mejorar los métodos instrumentales para completar la evaluación sensorial (Szczeniak, 1987).

4. METODOLOGÍA

4.1. Tipo de estudio

El presente trabajo reúne las condiciones metodológicas de una investigación cuantitativa ya que los datos obtenidos son de carácter cuantitativo, los que posteriormente fueron sometidos a un análisis estadístico. Además, es experimental porque se manejaron variables no comprobadas en condiciones que el investigador pueda controlar. También es descriptiva porque realiza un análisis y una interpretación de los resultados llegando a conclusiones dominantes llegando a una interpretación correcta.

4.2. Población y muestra

Este estudio se realizó en la Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), Riobamba, Ecuador. El análisis de textura sensorial se realizó mediante un panel previamente seleccionado y entrenado, integrado por 17 personas entre docentes y estudiantes de la UNACH. Se utilizó fichas de entrenamiento para conocer los conceptos de clasificación e intensidad del atributo con ayuda de una escala de referencia creciente de 1 a 7. Los panelistas trabajaron en forma grupal e individual con un número de 2 muestras por sesión, si era necesario se realizaba por duplicado. Antes de realizar la evaluación, las muestras de queso fresco fueron estabilizadas durante 30 minutos a 15°C y fueron presentadas en platos de plástico previamente codificados con números aleatorios de tres dígitos y cortadas con ayuda de moldes de acero en forma de cilindros de 2 y 3 cm de diámetro y cubos de 1,5 y 2 cm³.

En relación a los datos de textura instrumental del queso fresco utilizados en esta investigación se tomaron los obtenidos de una investigación anterior dentro del proyecto “Presencia de calostro y su impacto sobre la calidad de la leche y el queso, y repercusión en la higienización previo a su utilización en la industria”, que consiste en realizar el TPA de 480 muestras de queso, variando el tamaño, forma del queso, así como velocidad de la prueba y porcentaje de compresión. Las investigaciones realizadas por González (2015) y Nogales (2018) amplían los datos con el análisis de TPA del queso fresco también analizadas a un 50% y 75% de compresión en el texturómetro.

4.3. Procedimientos

4.3.1. Evaluación Sensorial

Las 120 personas interesadas a participar en el análisis sensorial para evaluar la textura de diferentes tipos de quesos debieron responder una encuesta para ver su disponibilidad de tiempo, para asistir tanto a las sesiones teóricas y entrenamiento sensorial. Se inició con 65 candidatos de los cuales fueron seleccionados 20, los mismos que fueron elegidos de acuerdo a su capacidad discriminativa y capacidad de reproducibilidad descritos en la Norma Española UNE-EN ISO 87024 (1996), cuyo propósito fue determinar la aptitud para describir las percepciones sensoriales relativas a la textura, tal como se observa en la tabla 2.

Tabla 2 Entrenamiento mediante pruebas descriptivas para el análisis sensorial.

PRUEBA DESCRIPTIVA	
Sustancia	Textura asociada con el producto
Naranja	Jugosa, partículas celulares, fibrosa
Azúcar granulada	Cristalino, granulosa
Caramelo toffee	Adherente, nada elástico, pegajoso
Puré de papa	Cre moso, pastoso, nada elástico
Gelatina comestible	Elástica, nada adherente, solubilidad nula
Aplanchados	Laminados, desmenuzable
Apio	Fibroso, jugoso
Caramelo duro	Duro, cristalino al morder
Espumilla	Esponjoso, soluble, nada adherente
Goma de mascar	Cohesiva, alta masticabilidad, elástica
Suspiro	Seco, soluble, frágil

Los candidatos con mayor destreza para describir y detectar la textura sensorial de varios productos pasaron a la etapa de entrenamiento, etapa en donde contamos con 17 candidatos a convertirse en jueces semi-entrenados. Durante el entrenamiento, se pidió a los panelistas que identificaran y definieran los términos texturales en boca y mano para muestras de queso fresco. De acuerdo a un consenso, se seleccionaron los parámetros descriptivos que eran más importantes para caracterizar la textura sensorial en el queso fresco. Como se observa en la tabla 3, los parámetros seleccionados para la evaluación en boca incluyeron: dureza, masticabilidad, friabilidad, adhesividad y humedad. El único término evaluado en mano fue elasticidad.

Tabla 3 Definiciones de los parámetros de textura sensorial del queso fresco utilizado para el entrenamiento y establecimiento del perfil sensorial cuantitativo.

PARÁMETRO	DEFINICIÓN	REFERENCIAS
Dureza en boca	Fuerza requerida para deformar el alimento o para hacer penetrar un objeto.	1 = Margarita 4 = Salchicha cocktail 6 = Zanahoria cocida 7 = Zanahoria cruda
Elasticidad en mano	Propiedad mecánica de la textura relativa a la rapidez de recuperación de la deformación después de la aplicación de una fuerza, y el grado de dicha recuperación.	1 = Margarina 3 = Marshmallows 5 = Salchicha cocktail 7 = Goma de borrar
Masticabilidad en boca	Propiedad mecánica de la textura relacionada con la cohesión y con el tiempo necesario o el número de masticaciones requeridas para dejar un producto sólido en las condiciones necesarias para su deglución.	Se determina contando el número de masticaciones, por lo tanto no se rige a una escala de referencia.
Friabilidad en boca	Propiedad mecánica de la textura relacionada con la cohesión y con la fuerza necesaria para romper un producto en trozos.	1 = Clara de huevo cocida 3 = Chifles 5 = Galleta María 7 = Pan tostado
Adhesividad en boca	Propiedad mecánica de la textura relativa al esfuerzo requerido para separar la superficie del alimento masticado de otra superficie (lengua, dientes).	1 = Clara de huevo cocida 4 = Yema de huevo cocida 7 = Caramelo toffee
Humedad en boca	Propiedad relativa a la percepción de la cantidad de agua absorbida o liberada por el producto.	2 = Pan tostado 4 = Clara de huevo cocida 5 = Manzana verde 7 = Sandía

Fuente: Bermeo. D, Sánchez. D (2019)

Con ayuda de escalas de referencias específicas utilizando otros productos se pudo establecer valores cuantificables. Los panelistas recibieron aproximadamente 40 horas de capacitación durante las cuales desarrollaron su vocabulario de textura sensorial, definieron descriptores y midieron la intensidad de varios atributos texturales. Además, los panelistas marcaron las respuestas en escalas de referencia del 1 al 7 tal como se observa en la figura 2.

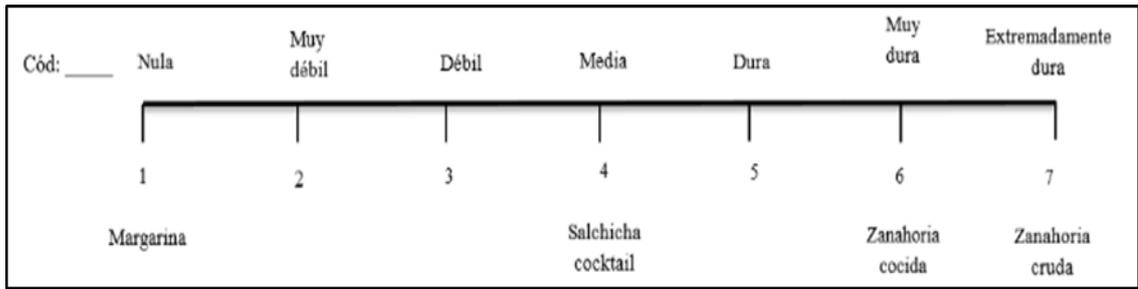


Figura 2 Ejemplo de escala de referencia de entrenamiento del parámetro de dureza en boca con productos de referencia

Cada panelista tuvo acceso a cuatro muestras de queso fresco: cilindros de 2 y 3 cm de diámetro y cubos de 1,5 y 2 cm³ en platos de plástico previamente codificados a temperatura de 15°C en condiciones de luz normal durante la evaluación como se observa en las figuras 3 y 4. En las mesas de trabajo donde se evaluó la textura sensorial del queso fresco se colocó servilletas y vasos de agua para que los panelistas borren sensaciones tanto en mano como en boca entre muestras.



Figura 3 Presentación de muestras cilíndricas de 2cm de diámetro x 3cm de altura



Figura 4 Evaluación de ciertos parámetros de textura sensorial por parte de los jueces semi-entrenados

4.3.2. Preparación de muestras para el análisis de textura instrumental

Nogales (2018) precisó dos formas diferentes de muestras (cilíndricas y cúbicas) y dos tamaños diferentes por cada forma. Para todas las muestras se aplicó 3 velocidades de prueba (0,3; 0,7; 1 mm/s) y dos porcentajes de compresión (50 y 75%). Por cada forma, tamaño, porcentaje de compresión y velocidad de prueba se repitió la prueba 20 veces, teniendo un total de análisis de TPA de 480 muestras de queso fresco como se evidencia en la tabla 4.

Tabla 4 Clasificación de muestras de queso tipo fresco.

Velocidad de la prueba	FORMA DE LA MUESTRA			
	Cilindro		Cubo	
	2 cm Ø	3 cm Ø	1,5 cm ³	2 cm ³
	50%-75%	50%-75%	50%-75%	50%-75%
0,3 mm/s	20 repeticiones	20 repeticiones	20 repeticiones	20 repeticiones
0,7 mm/s	20 repeticiones	20 repeticiones	20 repeticiones	20 repeticiones
1,0 mm/s	20 repeticiones	20 repeticiones	20 repeticiones	20 repeticiones

Fuente: Nogales. D, Sánchez. D (2018)

Para realizar el análisis de textura instrumental Nogales (2018) utilizó una máquina de prueba universal texturómetro (TexturePro CT V1.6 Build 26 marca Brookfield, USA)

(Figura 5). Del TA GENERAL PROBE KIT, se utilizó la pieza dos denominada TA4/1000 Cylinder 38.1mm D, 20mm L (Figura 6).



Figura 5 TexturePro CT V1.6 Build 26 marca Brookfield USA

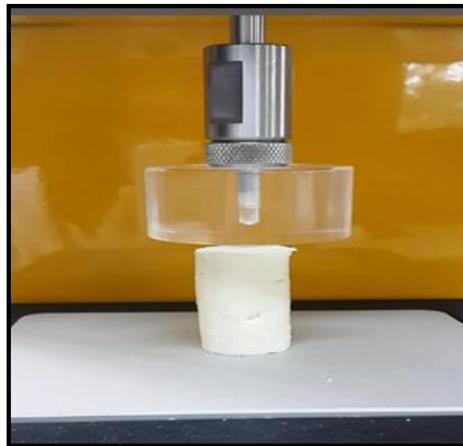


Figura 6 Pieza TA4/1000 con muestra cilíndrica de 2 cm de diámetro x 3cm de altura

El equipo TexturePro CT Brookfield, también ofrece información de acuerdo a cada parámetro a ser evaluado durante la prueba instrumental de TPA, tal como se observa en la tabla 5.

Tabla 5 Definiciones de los parámetros de textura obtenidos con el equipo TexturePro CT Brookfield

PARÁMETRO	DEFINICIÓN	UNIDAD
Dureza 1 y 2	Fuerza máxima requerida para comprimir un alimento. Valor de carga máximo del ciclo 1 (dureza 1) o del ciclo 2 (dureza 2) de compresión.	Gramos x centímetros
Elasticidad (“springiness”)	Relación entre la altura de la muestra en el punto de inicio de la segunda compresión y la altura inicial (d2/d1)	Adimensional (<1)
Cohesividad	Relación entre las áreas debajo de la segunda y la primera curva (a2/a1).	Adimensional (<1)
Fracturabilidad	Altura correspondiente a la primera rotura significativa durante la primera compresión.	Gramos x centímetros
Adhesividad	Área negativa por debajo de la línea base del perfil que representa el trabajo necesario para retirar el embolo de la muestra (b)	Gramos x centímetros
Masticabilidad (sólidos)	Dureza x cohesividad x elasticidad	Gramos
Trabajo total	Trabajo necesario para vencer la fuerza interna que mantiene unido a un alimento más trabajo recuperado tras el análisis.	Gramos x centímetros

4.4. Análisis estadístico

Los datos obtenidos del análisis de textura instrumental y sensorial se tabularon y estandarizaron en Microsoft Excel (2013). Para una mejor comprensión se realizó siempre por separado la tabulación de los datos para muestras cilíndricas y en otra hoja de Excel las muestras cúbicas. Se utilizó también el programa estadístico SAS versión 9.2 (SAS Institute, 2008) para realizar el análisis de componentes principales (PCA), el cual es un método de reducción de variables que trata de encontrar otro conjunto de menos variables que contenga la mayor parte de información contenida en el conjunto original. En la representación gráfica se representaron todas las variables en estudio. Posteriormente los datos de la evaluación sensorial e instrumental se sometieron a análisis multivariantes como el análisis de conglomerados y análisis de componentes principales (PCA) utilizando el software Statistica 8.0 (StatSoft, Inc.) donde se fijaron en columnas los parámetros de textura (variables), las muestras de queso fresco en filas (casos), y finalmente se realizó una correlación de Pearson sin ningún factor de rotación.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. RESULTADOS

5.1.1. Características de textura sensorial del queso fresco

a) Perfil de textura sensorial

En la tabla 6 se presentan los valores medios de los parámetros de textura sensorial del queso fresco. El valor de masticabilidad en boca es el que mayor desviación estándar presenta, muy posiblemente debido a que cada individuo requiere de más masticaciones que otros antes de comer o deglutir el queso. También se debe a que este parámetro se midió contando el número de masticaciones y no con ayuda de una escala de referencia como sucedió con los otros parámetros antes mencionados.

Tabla 6 Valores medios en la evaluación sensorial en muestras de queso fresco

Variable	Media	D.E.
Dureza en boca (1-7)	3,400	0,930
Elasticidad en mano (1-7)	4,417	0,746
Humedad en boca (1-7)	4,347	0,809
Adhesividad en boca (1-7)	2,434	1,159
Friabilidad en boca (1-7)	2,293	1,072
Masticabilidad en boca ^a	23,573	14,512

D.E= Desviación estándar; ^a Masticabilidad= N° de masticaciones

Fuente: Bermeo. D, Sánchez. D (2018)

b) Análisis de conglomerados

En la figura 7 se presenta el dendograma de las variables a partir de los datos de textura sensorial del queso fresco. Los grupos se forman en función de las distancias euclidianas, en este caso la distancia de vinculación se decide que esté a 3 puntos. De esta manera, se observa claramente varios grupos de parámetros. Uno de ellos está formado por la humedad en boca, elasticidad en mano y dureza en boca. La elasticidad en mano y la dureza en boca están más próximos entre ellos; por otro lado, los parámetros de masticabilidad, adhesividad y friabilidad en boca se presentan de manera individual.

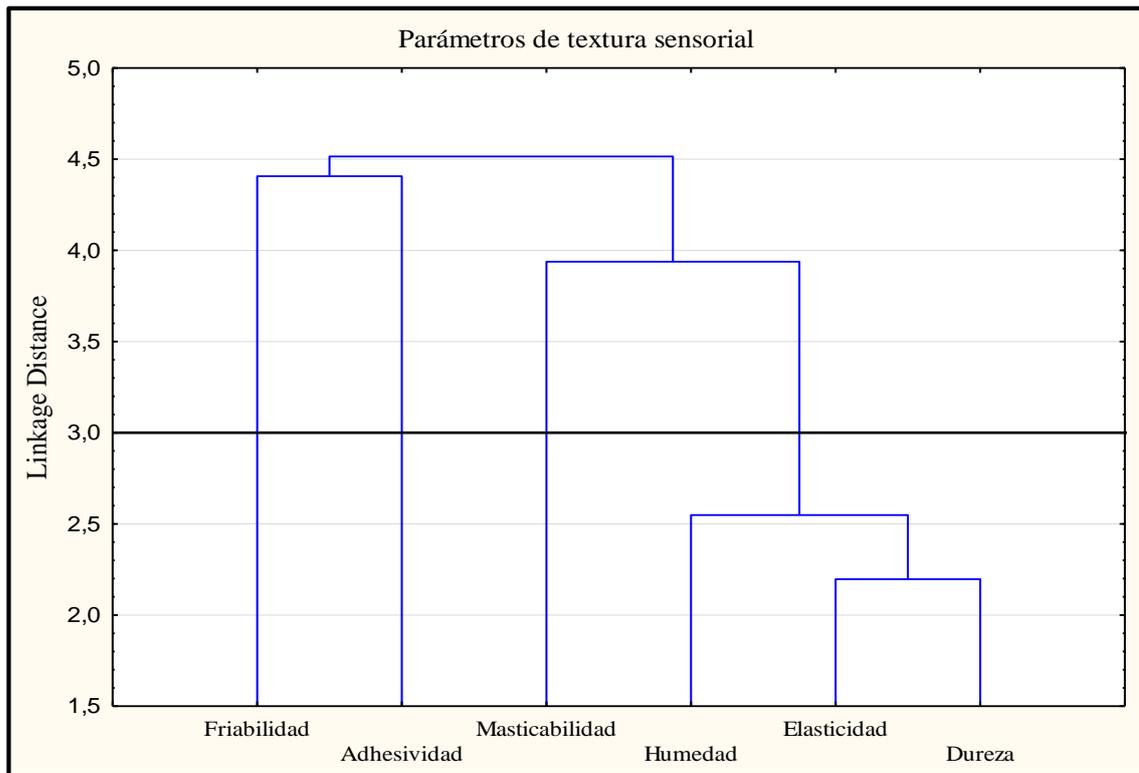


Figura 7 Diagrama de distancias euclidianas en parámetros de textura

5.1.2. Características de textura instrumental de queso fresco

a) PCA y análisis de conglomerados en muestras cilíndricas

En la figura 8 se observa la representación gráfica del análisis de componentes principales de los datos de textura instrumental, los cuales están definidos por colores según la velocidad utilizada. Se observa claramente que no existe ningún tipo de agrupación coherente de las muestras cilíndricas en relación a sus características texturales debido a la velocidad.

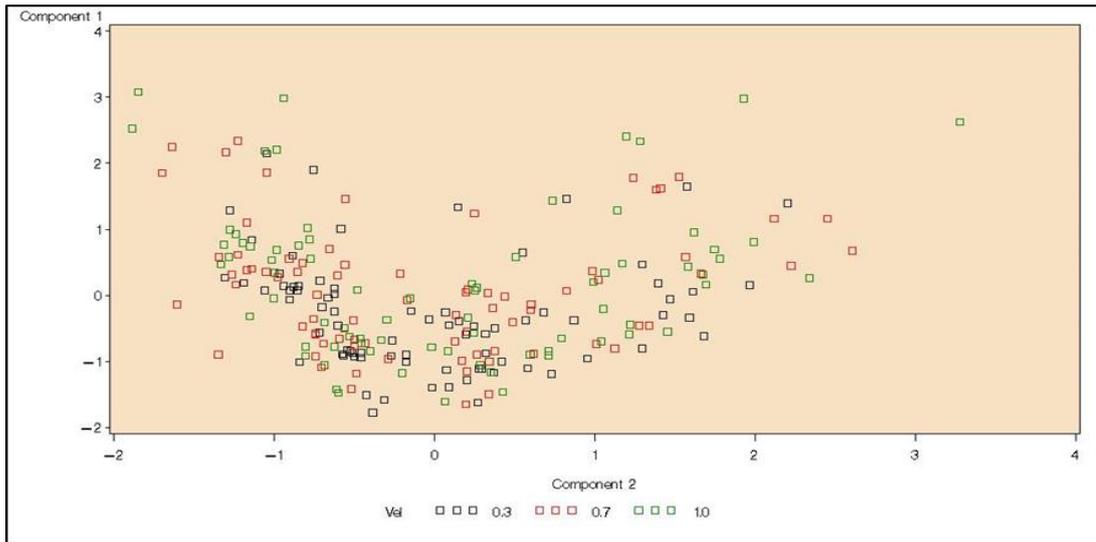


Figura 8 Análisis de componentes principales de los parámetros de textura instrumental de muestras cilíndricas, tanto de 2 y 3 cm de diámetro y de porcentajes de compresión de 50 y 75%, marcadas por el nivel de velocidad de la prueba 0,3; 0,7 y 1 mm/s

En la figura 9 de igual manera no se observa ninguna clase de agrupación coherente de las muestras cilíndricas respecto a sus características de textura obtenido a través del TPA, según su tamaño.

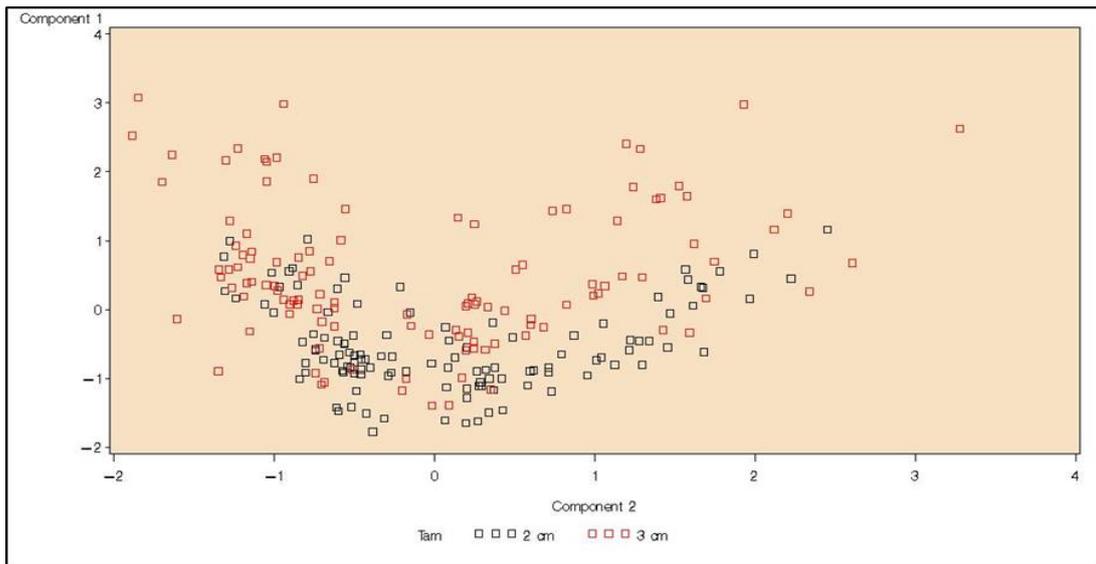


Figura 9 Análisis de componentes principales de los parámetros de textura instrumental de muestras cilíndricas, tanto a los porcentajes de compresión de 50 y 75% y a velocidades de prueba de 0,3; 0,7 y 1 mm/s, marcadas por tamaño de 2 y 3 cm de diámetro

En la figura 10 de PCA, se han coloreado las muestras cilíndricas de queso fresco según el porcentaje de compresión utilizado en la investigación. Tal y como se muestra en esta figura, esta variable sí separa a las muestras en dos grandes grupos claramente definidos según sus características de textura instrumental. Es decir, usar diferentes velocidades a los dos tamaños de muestras cilíndricas usadas en este estudio no agrupa las muestras según los resultados del TPA. Sin embargo, usar el 50% o 75% de compresión sí tiene gran influencia sobre los resultados del TPA, el cual caracteriza la textura instrumental del queso fresco.

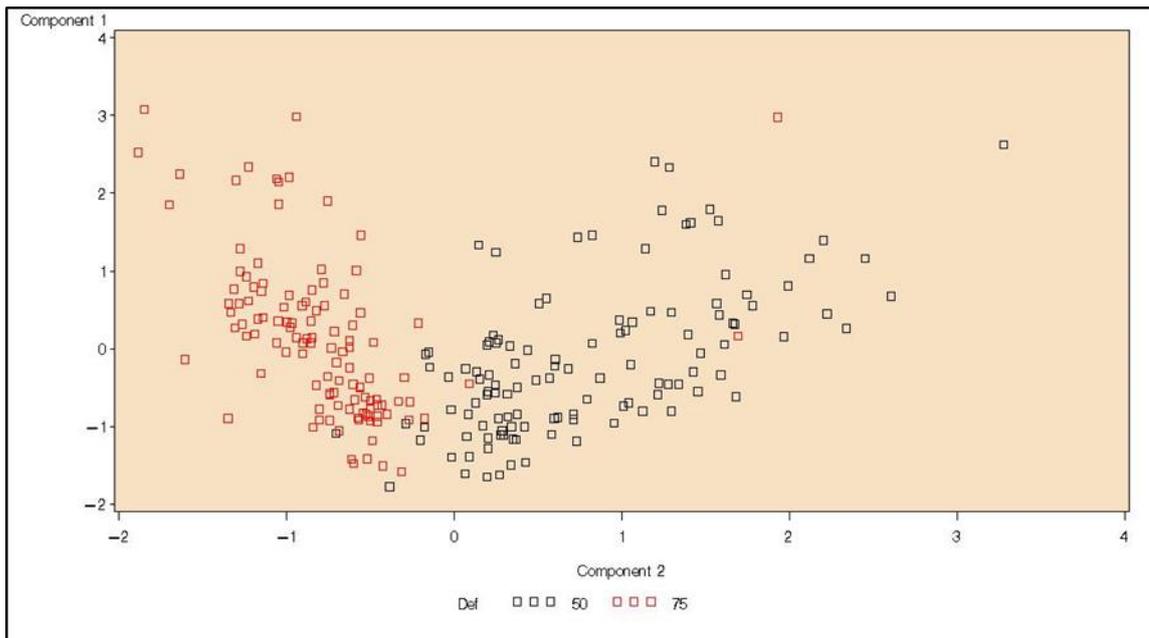
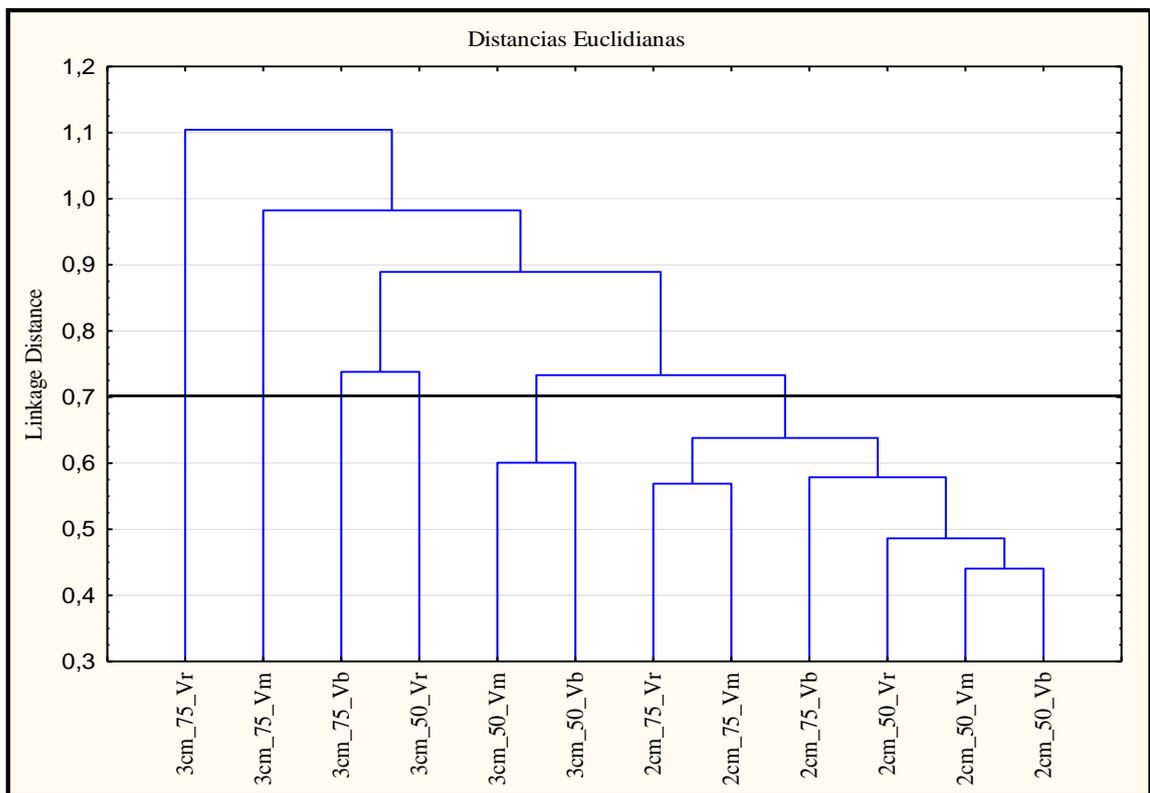


Figura 10 Análisis de componentes principales de los parámetros de textura instrumental de muestras cilíndricas, tanto de 2 y 3 cm de diámetro y de velocidades de prueba 0,3; 0,7 y 1 mm/s, marcadas por porcentajes de compresión de 50 y 75%

En la figura 11 se presenta el dendrograma de los protocolos utilizados en este estudio obtenidos a partir de los datos de textura instrumental en muestras cilíndricas. En este caso la distancia de vinculación se decide que esté a 0,7 puntos. Se observa claramente diferentes grupos de protocolos. Un grupo está formado por todos los protocolos que utilizan muestras cilíndricas de queso fresco de 2 cm de diámetro, sin importar porcentaje de compresión ni velocidad. El otro grupo se forma de acuerdo al tamaño de 3 cm de diámetro y 50% de compresión y a velocidad media y baja, lo que significa que son dos protocolos que se parecen entre ellos. Los demás grupos se mantienen de forma

individual, la única variable que los hace común entre ellos es el protocolo que utiliza muestras de queso fresco de tamaño de 3 cm de diámetro.



Vr: Velocidad rápida; Vm: Velocidad media; Vb: Velocidad baja. 50: cincuenta por ciento de compresión. 75: setenta y cinco por ciento de compresión. 2cm: dos centímetros de diámetro. 3cm: tres centímetros de diámetro.

Figura 11 Diagrama de distancias euclidianas de los diferentes protocolos empleados en la textura instrumental en muestras cilíndricas de queso fresco

b) PCA y análisis de conglomerados en muestras cúbicas

El PCA de los datos de los parámetros del TPA obtenidos de las muestras de queso fresco, tanto de 1,5 y 2cm³ como a los dos porcentajes de compresión utilizados en esta investigación, se muestran en la figura 12. En esta gráfica se observa en diferentes colores las muestras que fueron analizadas a distintas velocidades, sin apreciar ningún tipo de agrupación coherente.

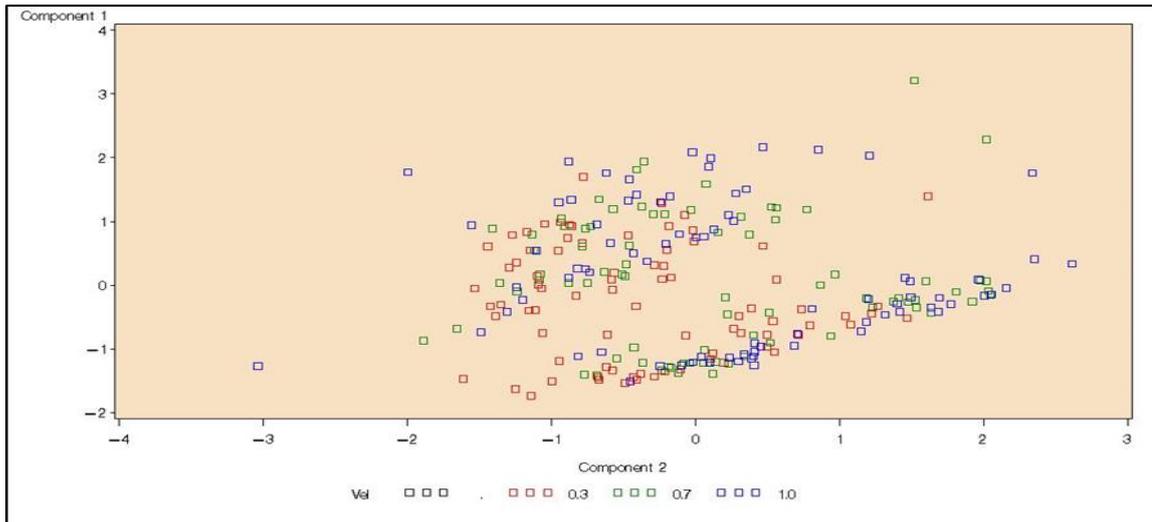


Figura 12 Análisis de componentes principales de los parámetros de textura instrumental de muestras cúbicas, tanto de 1,5 y 2 cm³ y de porcentajes de compresión de 50 y 75%, marcadas por el nivel de velocidad de la prueba 0,3; 0,7 y 1 mm/s

En la figura 13 se colorean con distinto color las muestras de queso fresco cúbicas según su tamaño, en donde se observa dos agrupaciones por cada tamaño analizado, lo que nos da una pista de que puede existir otra variable que permita otro tipo de formación grupal. En este caso, se indica que el tamaño de la muestra tiene un efecto significativo en los resultados que nos ofrece el TPA.

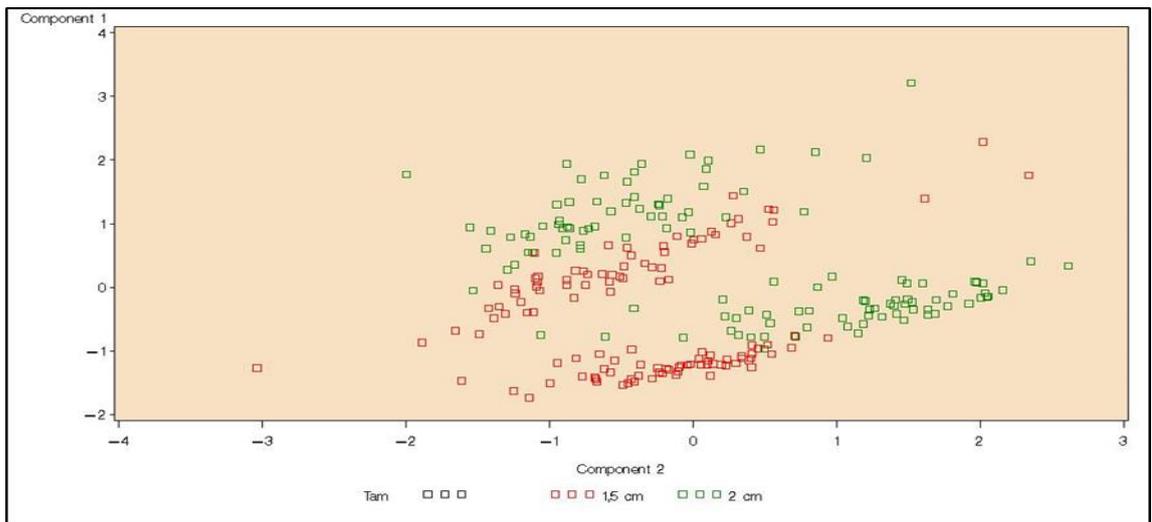


Figura 13 Análisis de componentes principales de los parámetros de textura instrumental de muestras cúbicas, con velocidades de prueba 0,3; 0,7 y 1 mm/s y con porcentajes de compresión de 50 y 75%, marcadas por tamaño tanto de 1,5 y 2 cm³

En la figura 14 de PCA, por otro lado, se han coloreado las muestras cúbicas de queso fresco según el porcentaje de compresión utilizado en la investigación. Tal y como se muestra en la figura anterior, esta variable también separa a las muestras en dos grandes grupos claramente definidos. En combinación con los resultados observados en la figura anterior, tanto el porcentaje de compresión como el tamaño de la muestra utilizados en el TPA influyen claramente en los resultados del análisis de perfil de textura instrumental.

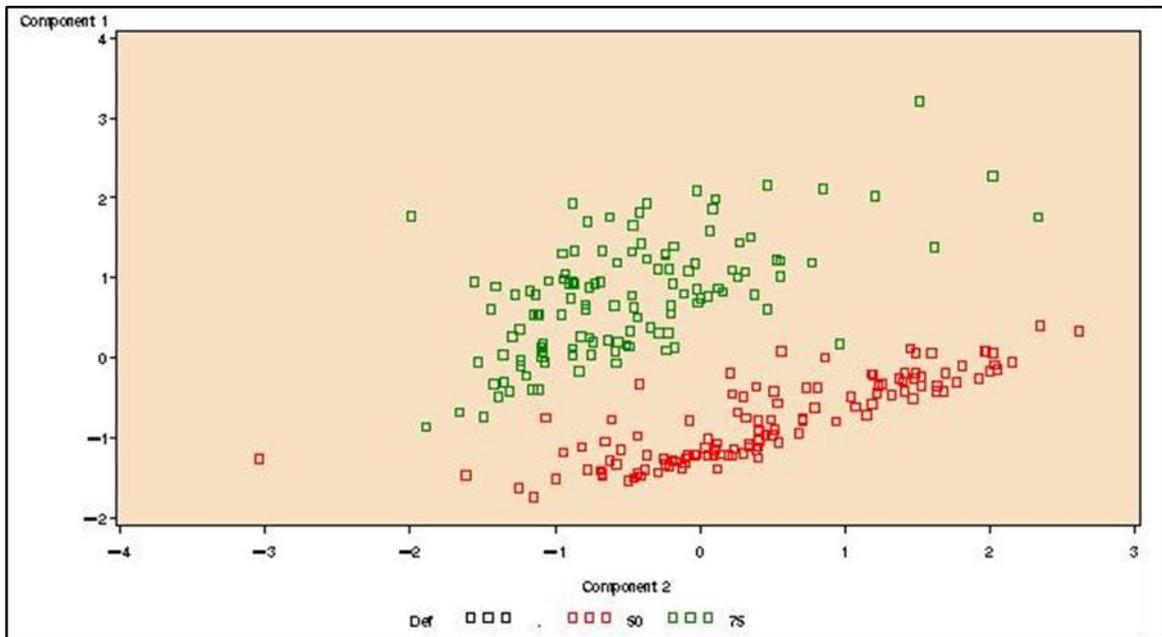
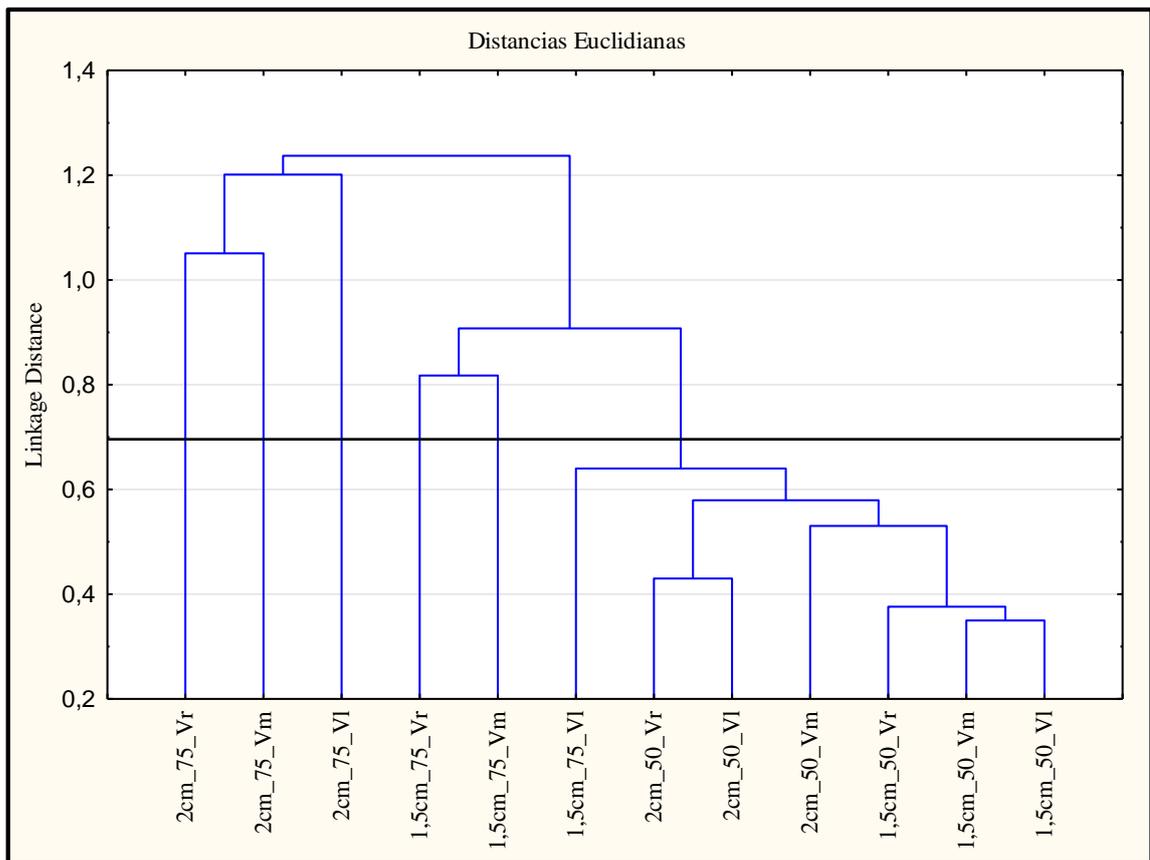


Figura 14 Análisis de componentes principales de los parámetros de textura instrumental de muestras cúbicas, tanto de 1,5 y 2 cm³ y de velocidades de prueba de 0,3; 0,7 y 1 mm/s, marcadas por porcentajes de compresión de 50 y 75%

En la figura 15 se presenta el dendograma de los protocolos utilizados en este estudio obtenidos a partir de los datos de textura instrumental en muestras cúbicas. En este caso la distancia de vinculación se decide que esté a 0,7 puntos. De esta manera, se observa diferentes grupos de protocolos. Un grupo está formado por todos los protocolos que utilizan 50% de compresión, así como un protocolo que usa el 75% de compresión sin importar tamaño ni velocidad lo que significa que tienen similitud entre ellos. Los demás protocolos se mantienen de forma individual sin agruparse, la única variable que los hace común entre ellos es el protocolo que utiliza muestras de queso fresco comprimidas al 75%.



Vr: Velocidad rápida; Vm: Velocidad media; Vl: Velocidad baja. 50: cincuenta por ciento de compresión. 75: setenta y cinco por ciento de compresión. 2cm: dos centímetros de diámetro. 3cm: tres centímetros de diámetro.

Figura 15 Diagrama de distancias euclidianas separadas por los protocolos empleados en la prueba de textura instrumental en muestras cúbicas de queso fresco

5.1.3. Correlación entre textura sensorial e instrumental

A continuación se detalla los resultados de las correlaciones entre los parámetros de textura sensorial del queso fresco con cada uno de los parámetros de textura instrumental obtenido con cada uno de los protocolos utilizados en este estudio. En los anexos del 1 al 6 se presentan las tablas de las correlaciones de los parámetros de textura sensorial con cada uno de los parámetros de textura instrumental en muestras de queso cilíndricas. En términos generales, las correlaciones encontradas entre los parámetros de textura sensorial e instrumental en muestras cilíndricas analizadas a los dos porcentajes de compresión durante la prueba de TPA sin diferenciar por velocidad, presenta valores de correlación tanto positivas como negativas, pero no son lo suficientemente cercanos al 1 o al -1 (el valor más alto es de $r = 0,255$). Pero cuando se separaron los datos por la

velocidad de la prueba y el tamaño de la muestra al realizar nuevamente el análisis, se observó una mejora en los valores de correlación en algunos de los parámetros de textura instrumental. Más específicamente y estadísticamente significativo sólo en 11 correlaciones hubo cierto grado de correlación, pero ningún valor mayor a 0,70 o -0,70 y sin ninguna lógica. Por tanto, se considera que sí existe correlación, pero no lo suficientemente alta entre los parámetros de textura sensorial e instrumental del queso fresco medido con los tres niveles de velocidad, dos porcentajes de compresión, dos formas y 2 tamaños por cada forma utilizadas en esta investigación.

Posteriormente se realizó lo mismo que el anterior caso, pero en muestras cúbicas tal y como se observa en los anexos del 7 al 12. Llegando a la misma conclusión, que a pesar que existe más correlaciones que en las muestras cilíndricas, no son lo suficientemente altas para decir que existe una buena correlación entre los parámetros de textura sensorial e instrumental del queso fresco.

5.1.4. Análisis de componentes principales

En las figuras 16 y 17 del análisis de componentes principales de las variables de las muestras cilíndricas y cúbicas, respectivamente, se presenta la distribución espacial de los tamaños de muestras (verde) y porcentajes de compresión (rojo), así como los parámetros de textura sensorial (azul) e instrumental (negro).

En cuanto a la asociación con los parámetros instrumentales y sensoriales en muestras cilíndricas, en la dimensión 2, se observa que hay concordancia entre los parámetros instrumentales y sensoriales con los protocolos que utilizan el porcentaje de compresión 75% y tamaño 3 cm de diámetro. El parámetro de adhesividad instrumental está más cercano al protocolo antes mencionado, mientras que la cohesividad instrumental, como parámetro independiente, está más cercano a los protocolos que utilizan compresión 50% y tamaño de 2 cm diámetro.

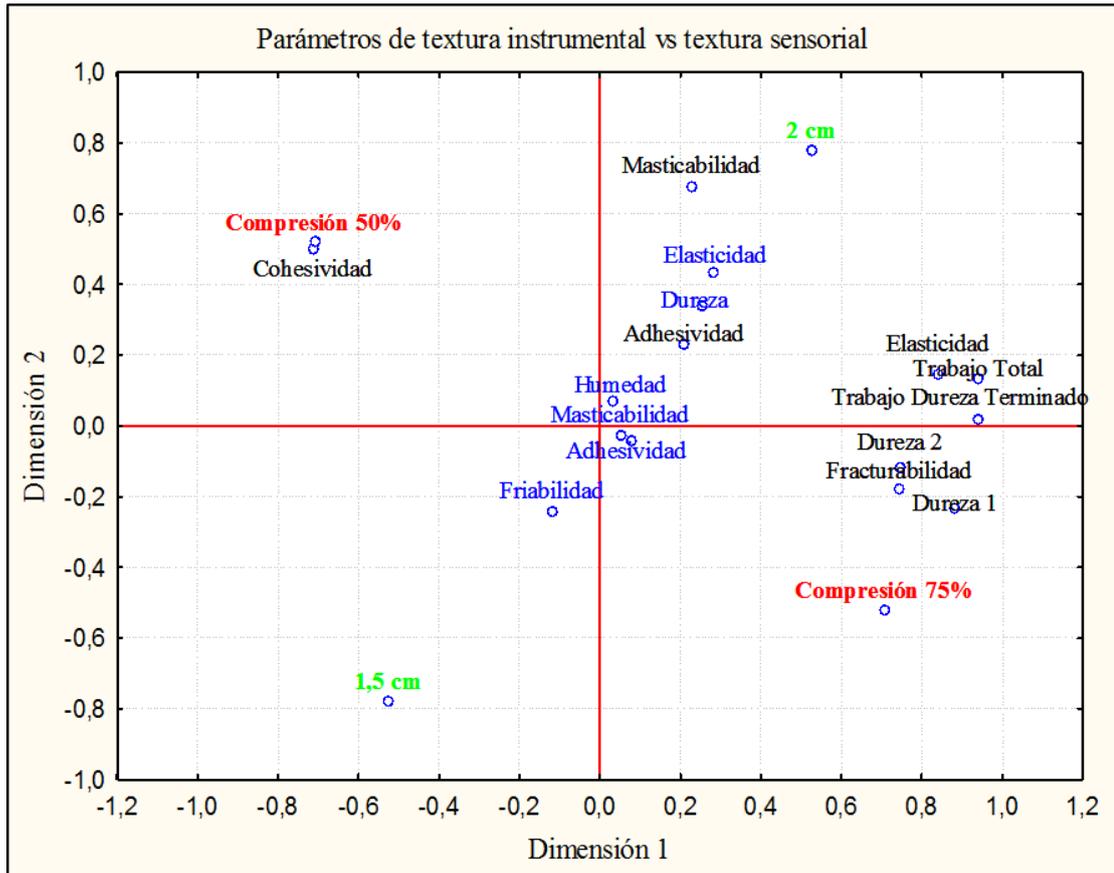


Figura 17 Análisis de componentes principales entre los parámetros de textura instrumental y sensorial separado por las variables porcentaje de compresión y tamaño en muestras cúbicas

5.2.DISCUSIÓN

5.2.1. Efecto del porcentaje de compresión y tamaño sobre los resultados del análisis instrumental

Tal y como se reporta en la sección de resultados, se observa que la velocidad no define el TPA instrumental tanto para muestras cilíndricas como cúbicas del queso fresco. Mientras que cuando las muestras cúbicas son marcadas por el porcentaje de compresión o tamaño, sí presenta claramente agrupaciones coherentes, es decir, que influyen en los resultados del análisis instrumental, como se pudo evidenciar en las figuras 13 y 14. En el caso de los cilindros solamente el porcentaje de compresión ofrece agrupación de las muestras.

De acuerdo a un estudio realizado por O'Callaghan y Guinee (2004), en una revisión sobre la reología de los quesos, confirmó pequeñas diferencias en algunos parámetros cuando se utiliza 40% de compresión.

Por otro lado, Nogales (2018) y González (2019) realizaron un análisis de los parámetros de TPA en queso fresco y crema respectivamente donde también observaron que éstos varían según la velocidad de la prueba, porcentaje de compresión, forma o tamaño de la muestra de queso.

5.2.2. Asociatividad entre textura sensorial e instrumental

Hay que tener en cuenta que, cuando se realiza un análisis sensorial o instrumental de textura, los parámetros deben verse como un conjunto y no por separado, pues existe mucha interrelación entre ellos. Esto se demuestra al analizar las correlaciones individuales entre parámetros, cuyos valores son muy bajos. Por otro lado, Rayner (1969) afirmó que el coeficiente de correlación de aproximación $r= 0,70$ indica una correlación bastante fuerte, en nuestra investigación las correlaciones no superan dicho valor, es por eso que se precisa siempre análisis multiparamétricos en este tipo de investigaciones.

En otra investigación Maldonado y Silva (2014) utilizaron una sonda cilíndrica de aluminio con un diámetro de 25 mm, a una velocidad de prueba de 1 mm/s y compresión al 50% de altura de la muestra, para comprimir aperitivos extruidos de maíz o trigo con

diferentes formas, donde también encontraron bajos coeficientes de correlación entre las medidas de textura sensorial e instrumental (r entre 0,11 y 0,24). Sin embargo, estas correlaciones mejoraron cuando se realizaron con otras pruebas de corte utilizando diferentes sondas como la guillotina, sonda en forma de "V", sonda de aguja y sonda de cinco cuchillas.

Son pocos los autores que han comparado los parámetros de textura del queso medidos instrumental con la evaluación sensorial utilizando estos mismos parámetros. Es por eso que nuestra investigación complementa el estudio realizado por Nogales (2018) y de esta manera ofrecer un estudio más profundo acerca de la correlación que puede existir entre el análisis instrumental con los datos obtenidos mediante la evaluación sensorial realizada por jueces semi-entrenados, además de utilizar análisis multiparamétricos.

5.2.3. Análisis multiparamétricos

La forma de agruparse los protocolos en los dendogramas nos ofreció información importante respecto a la similitud de los datos obtenidos en el TPA. Esto es, en muestras cilíndricas todos los protocolos con muestras de 2 cm de diámetro se juntaban en un solo grupo, lo que significa que no eran capaces de encontrar diferencias significativas debidas al porcentaje de compresión y velocidad de la prueba. En el caso de las muestras cúbicas ocurre lo mismo, pero con el 50% de compresión, lo que descarta todos los protocolos que utilicen este nivel de aplastamiento.

Según los resultados obtenidos del análisis de componentes principales, donde se observó asociatividad entre los parámetros sensoriales e instrumentales y el porcentaje de compresión 75% de muestras cilíndricas de 3 cm de diámetro y muestras cúbicas de 2 cm, nos da una pista al momento de seleccionar los mejores candidatos respecto a los protocolos de prueba de TPA. Teniendo en cuenta que en las discusiones previas las muestras cilíndricas 2 cm de diámetro y las muestras cúbicas de 1,5 cm de queso fresco éstas no eran lo suficientemente adecuadas para encontrar diferencias debidas a la velocidad, quedan sin duda descartadas.

De acuerdo a un estudio realizado por Ayyash y col. (2001), sobre la sustitución de NaCl por KCl en la salmuera de queso Halloumi, donde realizaron el TPA a un 50% de compresión y velocidad 0,5 mm/s, no observaron diferencias significativas debido al tipo de sal utilizada, concluyendo que se puede sustituir hasta un 75%. Sin embargo, llegar a tal conclusión podría ponerse en duda, pues, tal y como se observó en este trabajo, comprimir la muestra al 50% no ofrece suficiente información para encontrar posibles diferencias significativas entre los quesos.

Respecto al tamaño de las muestras de queso fresco, los parámetros de textura instrumental y sensorial se asocian más cuando el tamaño de la muestra es mayor. Es decir, que en esta investigación las muestras cilíndricas de 3 cm de diámetro y las muestras cúbicas de 2 cm³ serían las mejores candidatas para este análisis.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- El análisis de correlación no es una prueba estadísticamente adecuada para analizar asociatividad entre los parámetros de textura estudiados en este trabajo, sino que es más conveniente utilizar análisis multivariantes.
- En el caso de las muestras cilíndricas el porcentaje de compresión claramente define dos grupos de datos totalmente diferentes, mientras que en el caso de las muestras cúbicas, lo hace el porcentaje de compresión y tamaño de la muestra.
- Los protocolos de TPA de muestras cilíndricas de 2 cm de diámetro y 50% de compresión no son adecuados por tanto que ofrecen información de TPA similar entre ellos, sin encontrar diferencias significativas donde debe haberlas.
- En el caso de los protocolos que utilizan muestras cúbicas, los protocolos que incluyen 50% de compresión y muestras de queso de 1,5 cm³, también presentan similitud entre ellos.
- La propuesta de protocolo a seguir luego de los resultados obtenidos en esta investigación, se sugiere utilizar la forma cilíndrica de tamaño 3 cm de diámetro y la forma cúbica de tamaño 2 cm³ ambas comprimidas a un 75% ya que este porcentaje de compresión ofrece mayor información al momento de la prueba. En términos de rapidez de la prueba, se preferiría la velocidad rápida por cuestiones de tiempo.

6.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda hacer una revisión bibliográfica exhaustiva de trabajos relacionados con esta investigación propuesta, para que de acuerdo con los resultados obtenidos proyectarnos de una mejor manera en la puesta en marcha de cualquier investigación similar a esta temática.
- Se recomienda realizar un estudio sobre el análisis de perfil de textura (TPA) utilizando queso mozzarella y se correlacione con las mediciones en las pruebas sensoriales, para que esta prueba física se convierta en un método ampliamente utilizado.

- Se recomienda realizar otros estudios variando la temperatura de la muestra, porcentaje de grasa y tiempos de maduración ya que pueden afectar los resultados de la prueba.
- Brindar apoyo a los estudiantes de la Universidad Nacional de Chimborazo, especialmente al grupo de investigación PROANIN para que sigan adquiriendo nuevos conocimientos generados mediante la investigación científica.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adhikari, K., Heymann, H., y Huff, E. (2003). Textural characteristics of lowfat, fullfat and smoked cheeses: sensory and instrumental approaches. Department of Food Science, University of Missouri, Columbia, MO 65211, USA *Food Quality and Preference* 14 211–218.
- Bourne, M. (2002). *Food texture and viscosity; Concept and Measurement*. 2nd edn, Academic Press, San Diego.
- Buffa, M.N., Trujillo, A.J., Pavia, M., y Guamis, B. (2001). Changes in textural, microstructural, and color characteristics during ripening of cheeses made from raw, pasteurized or high-pressure-treated goat's milk. *International Dairy Journal*. 11: 927–934.
- Castro, A. C., Novoa, C. F., Algecira, N., y Buitrago, G. (2014). Reología y perfil de textura de quesos bajos en grasa. *Revista de Ciencia y Tecnología*, vol. 22, 58–66.
- Chen, L., Opara U.L. (2013). Texture measurement approaches in fresh and processed foods. A review. *Food Research International*, 51(2013) 823–35.
- Diamantino, V., Arantes-Beraldo, F., Nakata-Sunakozawa, T., y Barretto-Penna, A. (2014). Effect of octenyl succinylated waxy starch as a fat mimetic on texture, microstructure and physicochemical properties of Minas fresh cheese *LWT Food Science and Technology* 56 (2014) 356–362.
- Diezhandino, I., Fernández, D., Sacristán N., Combarros-Fuertes, N., Prieto B., y Fresno R. (2016). Textural, colour and sensory characteristics of a Spanish blue cheese (Valdeón cheese) *LWT Food Science and Technology* 65 (2016) 1118–1125.
- FAO/OMS. (2013). *Leche y productos lácteos*. 2da edición. Norma general del Codex para el queso. Codex Stan 283–1978.
- Floury, J., Camier, B., Rousseau, F., Lopez, C., Tissier, J., y 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 (2009) 1611–1620.
- Funami, T., Ishihara, S., Nakauma, M., Kohyama, K., y Nishinari, K. (2012). Texture design for products using food hydrocolloids. *Food Hydrocolloids*, 26 (2) 412–420.

- Gil, Á. (2010). *Composición y calidad nutritiva de los alimentos*. España: MÉDICA PANAMERICANA S.A.
- González, A., y Sánchez, D. (2019). Efecto del tipo de sonda y velocidad de la prueba de penetración sobre los parámetros de textura instrumental del queso crema (tesis pregrado). Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- Guerrero, C., Salas, W., y Baldeón, E. (2015). Evaluación instrumental de la textura del queso elaborado con suero concentrado por Ultrafiltración. *Revista de la sociedad química de Perú*. SciELO 81 (3) Pg. 273–282.
- Gunasekaran, S. A. (2002). *Cheese Rheology and Texture*. CRC Press, Boca, Raton, 512.
- Halmos, A.L. Relationships between instrumental texture measurements and sensory attributes, in *Hydrocolloids - Part 2*, Nishinari, K., ed., Elsevier, Amsterdam. pp. 431–444.
- Hernandez, E. (2005). *Evaluación Sensorial de alimentos*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. UNAD. BOGOTA, D.C.
- Jaros, D., Petrag, J., Rohm, H. y Ulberth, F. (2001). Milk fat composition affects mechanical and rheological properties of processed cheese. *Applied Rheology*, vol. 11, no. 1, p. 19–25.
- Lasso, R., Jimenez, M. (2015). *La leche del Ecuador*. Quito: Effecto Studio.
- Lobato, C., Sosa, A., Rodríguez, J., Sandoval, O., Pérez, E., y Vernon-Carter, J. (2008). LWT-Structural and textural characteristics of reduced-fat cheese-like products made from W1/O/W2 emulsions and skim milk. *Food Science and Technology* 41 1847–1856.
- Magenis, R., Prudêncio, E., Fritzenfreire, C., Stephan, M., Silvio Do Egito, A., y Daguer, H. (2014). Rheological, physicochemical and authenticity assessment of Minas Frescal cheese. *Food Control*, 45, p. 22–28.
- Nogales, D., Sánchez, D. (2018). Efecto de la forma y dimensión de muestras de queso fresco y velocidad de prueba sobre el análisis de perfil de textura instrumental (tesis pregrado). Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- NTE INEN 1528. (2012). *Norma General para Quesos Frescos No Madurados*. NORMA TECNICA ECUATORIANA.
- O'Callaghan, D., Guinee, T. (2004). *Rheology and Texture of Cheese Dairy Products* Research Centre, Teagasc, Ireland.

- Orozco, M. (2015). Un tercio de la producción láctea se dedica al queso. Líderes.
- Osorio, J.F., Ciro H. y Mejía L. (2004). Caracterización textural y fisicoquímica del queso Edam. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, vol. 57, no. 1.
- Sánchez-Macías, D., Fresno, M., Moreno-Indias, I., Castro, N., Morales-delaNuez, A., Álvarez, S., y Argüello, A. (2010). Physicochemical analysis of full-fat, reducedfat, and low-fat artisan-style goat cheese *J. Dairy Sci.* 93:3950–3956.
- Sandoval, J., Orozco, J., Pedrero, D., y Colín, M. (2016). Sensory profile development of Oaxaca cheese and relationship with physicochemical parameters *American Dairy Science Association J. Dairy Sci.* 99:7075–7084.
- Santini, Z., Alsina, D., Athaus, R., Meinardi, C., Freyre, M., Díaz, J., y González C. (2007). Evaluación de la textura en quesos de oveja. Aplicaciones del análisis factorial discriminante *Revista FAVE-Ciencias Agrarias* 5 / 6 (1-2) ISSN 1666–7719
- Serra, L. y Aranceta, J. (2006). *Nutrición y salud pública*. Barcelona: MASSON S.A.
- Szczesniak, A. S. (1987). Correlating sensory with instrumental texture measurements- an overview of the recent developments. *Journal of Texture Studies*, 18, 1–15.
- Tunick, M., y Van Hekken, D. (2010). Rheology and texture of commercial queso fresco cheeses made from raw and pasteurized milk. *Journal of Food Quality*. 33:204–215.
- UNE (1994). *Análisis sensorial. Vocabulario (ISO 87-001:1992)*. Agencia Española de Normalización (AENOR). *Análisis Sensorial. Tomo I. Alimentación. Recopilación de Normas UNE*. España.
- UNE (1996). *Análisis sensorial. (ISO 87024-1)*. Agencia Española de Normalización (AENOR). *Guía general para la selección, entrenamiento y control de jueces. Parte I. Expertos. Recopilación de Normas UNE*. España.
- Van Hekken, D.L., Tunick, M., y Park, Y. (2005). Effect of frozen storage on the proteolytic and rheological properties of soft caprine milk cheese. *Journal of Dairy Science*. 88:1966–1972.
- Zamora, A. (2009). *Ultra high pressure homogenisation of milk: Effects on cheese making*. PhD Tesis. Facultad de Veterinaria. Universidad Autónoma de Barcelona, España.

8. ANEXOS

a. Muestras Cúbicas

Anexo 1 Correlación entre la dureza sensorial (escala de referencia del 1 al 7) y los parámetros de análisis de perfil de textura instrumental a un 50 o 75% de compresión en muestras cilíndricas de queso fresco

Parámetro instrumental	50% de compresión							75% de compresión						
	General ²	Velocidad baja		Velocidad media		Velocidad alta		General ²	Velocidad baja		Velocidad media		Velocidad alta	
		2cm ø	3 cm ø	2cm ø	3 cm ø	2cm ø	3 cm ø		2cm ø	3 cm ø	2cm ø	3 cm ø	2cm ø	3 cm ø
Dureza 1	0.178*	0.175	-0.120	-0.151	0.090	-0.128	-0.391	0.178*	-0.126	0.055	-0.126	-0.134	-0.135	-0.176
Trabajo Dur. ¹	0.191*	0.120	-0.087	-0.103	0.030	-0.149	-0.456*	0.191*	-0.053	0.053	-0.053	-0.097	-0.127	-0.155
Trabajo Total	0.192*	0.101	-0.103	-0.353	0.063	-0.129	-0.417	0.192*	-0.053	0.057	-0.053	-0.101	-0.119	-0.142
Dureza 2	0.158*	0.377	-0.208	-0.100	0.172	0.144	-0.319	0.158*	-0.077	0.038	-0.077	-0.328	-0.128	-0.065
Adhesividad	0.199*	0.069	0.436	0.294	-0.009	0.078	-0.078	0.199*	0.268	-0.439	0.268	-0.002	-0.167	-0.054

Cohesividad	-0.038	0.266	-0.194	-0.324	0.143	0.131	0.020	-0.038	0.071	-0.111	0.071	-0.358	0.192	0.057
Fracturabilidad	0.163*	0.176	-0.119	-0.151	0.091	-0.127	-0.391	0.163*	-0.063	-0.037	-0.063	-0.119	-0.150	-0.155
Elasticidad	0.131*	0.103	-0.233	-0.174	0.541*	0.357	0.077	0.131*	0.248	0.205	0.248	-0.009	0.213	-0.345
Masticabilidad	0.067	0.296	-0.253	-0.240	0.128	0.318	-0.125	0.067	0.131	0.223	0.131	-0.229	0.084	-0.085

1 Dur: dureza.

2 Datos de correlación de todas las muestras cilíndricas, sin separar velocidad o tamaño de muestra.

* $p \leq 0.05$. Las correlaciones marcadas son significativas.

Anexo 2 Correlación entre la elasticidad sensorial (escala de referencia del 1 al 7) y los parámetros de análisis de perfil de textura instrumental a un 50 o 75% de compresión en muestras cilíndricas de queso fresco

Parámetro instrumental	50% de deformación							75% de deformación						
	General ²	Velocidad baja		Velocidad media		Velocidad alta		General ²	Velocidad baja		Velocidad media		Velocidad alta	
		2cm ø	3 cm ø	2cm ø	3 cm ø	2cm ø	3 cm ø		2cm ø	3 cm ø	2cm ø	3 cm ø	2cm ø	3 cm ø
Dureza 1	0,196*	0,225	-0,007	-0,015	0,265	-0,204	-0,420	0,196*	-0,288	0,183	0,108	-0,168	-0,035	0,089
Trabajo Dur. ¹	0,135*	0,132	0,017	-0,029	0,243	-0,339	-0,453	0,135*	-0,233	0,071	0,105	-0,144	-0,066	0,034
Trabajo Total	0,158*	0,081	-0,009	-0,199	0,270	-0,279	-0,436	0,158*	-0,234	0,070	0,101	-0,151	-0,063	0,070
Dureza 2	0,221*	0,333	-0,158	0,097	0,243	0,206	-0,301	0,221*	-0,262	0,118	0,151	-0,158	-0,227	0,353
Adhesividad	0,109	0,203	0,275	0,205	-0,268	0,104	0,068	0,109	0,096	-0,368	-0,514*	-0,124	-0,056	-0,009
Cohesividad	0,188*	0,227	-0,006	-0,015	0,267	-0,204	-0,420	0,188*	-0,162	-0,001	0,041	-0,137	-0,010	0,040
Fracturabilidad	0,103	0,398	-0,127	0,021	0,219	0,464*	-0,101	0,103	0,056	-0,294	-0,055	-0,063	-0,105	0,206
Elasticidad	0,080	0,219	0,027	-0,019	0,331	0,435	-0,202	0,080	0,077	0,155	0,291	0,327	-0,004	-0,372
Masticabilidad	0,195*	0,437	-0,071	-0,049	0,261	0,389	0,086	0,195*	-0,081	0,152	0,229	0,069	-0,039	0,115

*p ≤ 0.05. Las correlaciones marcadas son significativas.

Anexo 3 Correlación entre la masticabilidad sensorial (número de masticaciones) y los parámetros de análisis de perfil de textura instrumental a un 50 o 75% de compresión en muestras cilíndricas de queso fresco

Parámetro instrumental	50% de deformación							75% de deformación						
	General ²	Velocidad baja		Velocidad media		Velocidad alta		General ²	Velocidad baja		Velocidad media		Velocidad alta	
		2cm ø	3 cm ø	2cm ø	3 cm ø	2cm ø	3 cm ø		2cm ø	3 cm ø	2cm ø	3 cm ø	2cm ø	3 cm ø
Dureza 1	0,244*	0,012	0,014	0,156	0,067	0,115	-0,022	0,244*	0,077	-0,171	0,007	0,124	-0,088	0,013
Trabajo Dur. ¹	0,182*	0,017	-0,005	0,064	0,049	0,073	-0,129	0,182*	0,064	-0,193	0,099	0,176	-0,114	-0,148
Trabajo Total	0,219*	-0,057	0,020	0,143	0,066	0,105	-0,078	0,219*	0,058	-0,182	0,109	0,180	-0,117	-0,094
Dureza 2	0,255*	0,068	0,050	0,280	0,026	0,333	0,105	0,255*	0,021	-0,142	-0,105	0,016	-0,180	0,166
Adhesividad	0,122	-0,228	0,159	-0,105	-0,104	-0,048	-0,186	0,122	-0,113	0,007	0,161	0,194	0,080	-0,252
Cohesividad	0,233*	0,011	0,010	0,156	0,067	0,115	-0,022	0,233*	0,166	-0,233	-0,044	0,130	-0,089	-0,043
Fracturabilidad	0,099	-0,077	0,055	0,515*	0,052	0,283	0,286	0,099	-0,177	0,215	-0,084	0,044	-0,075	0,086
Elasticidad	-0,046	0,335	-0,042	-0,096	0,348	-0,117	0,039	-0,046	-0,145	0,077	0,008	-0,276	-0,348	-0,240
Masticabilidad	0,125	0,275	0,025	0,210	0,110	0,053	-0,134	0,125	-0,206	-0,032	-0,112	-0,101	-0,311	0,089

*p ≤ 0.05. Las correlaciones marcadas son significativas.

Anexo 4 Correlación entre la humedad sensorial (escala referencia del 1 al 7) y los parámetros de análisis de perfil de textura instrumental a un 50 o 75% de compresión en muestras cilíndricas de queso fresco

Parámetro instrumental	50% de deformación							75% de deformación						
	General ²	Velocidad baja		Velocidad media		Velocidad alta		General ²	Velocidad baja		Velocidad media		Velocidad alta	
		2cm ø	3 cm ø	2cm ø	3 cm ø	2cm ø	3 cm ø		2cm ø	3 cm ø	2cm ø	3 cm ø	2cm ø	3 cm ø
Dureza 1	0,089	0,078	0,116	0,078	-0,005	0,111	-0,147	0,089	0,045	-0,255	-0,005	0,095	-0,293	0,056
Trabajo Dur. ¹	0,106	0,085	0,117	0,019	-0,044	0,181	-0,259	0,106	0,052	-0,251	-0,051	0,131	-0,274	-0,056
Trabajo Total	0,096	0,009	0,125	-0,020	-0,023	0,157	-0,195	0,096	0,047	-0,238	-0,054	0,136	-0,271	-0,030
Dureza 2	0,073	0,024	0,159	0,190	-0,005	-0,125	0,085	0,073	0,112	-0,254	0,138	0,098	-0,462*	0,155
Adhesividad	0,058	-0,134	0,345	0,095	0,139	0,162	-0,055	0,058	-0,009	0,018	-0,660*	-0,090	0,047	-0,311
Cohesividad	0,060	0,077	0,114	0,078	-0,005	0,111	-0,147	0,060	0,174	-0,243	-0,026	0,104	-0,286	-0,042
Fracturabilidad	-0,102	0,205	0,071	0,315	0,031	-0,236	0,245	-0,102	-0,159	0,081	0,179	0,296	-0,009	-0,088
Elasticidad	0,015	0,356	-0,165	-0,005	0,191	0,186	0,183	0,015	0,016	-0,025	-0,115	-0,016	-0,361	-0,308
Masticabilidad	-0,001	0,175	0,001	0,192	0,066	0,050	-0,094	-0,001	-0,088	-0,183	0,118	0,090	-0,463*	-0,067

* $p \leq 0.05$. Las correlaciones marcadas son significativas.

Anexo 5 Correlación entre la adhesividad sensorial (escala referencia del 1 al 7) y los parámetros de análisis de perfil de textura instrumental a un 50 o 75% de compresión en muestras cilíndricas de queso fresco

Parámetro instrumental	50% de deformación							75% de deformación						
	General ²	Velocidad baja		Velocidad media		Velocidad alta		General ²	Velocidad baja		Velocidad media		Velocidad alta	
		2cm ø	3 cm ø	2cm ø	3 cm ø	2cm ø	3 cm ø		2cm ø	3 cm ø	2cm ø	3 cm ø	2cm ø	3 cm ø
Dureza 1	0,018	0,054	0,057	0,069	0,150	-0,147	0,252	0,018	0,084	-0,071	0,045	-0,049	0,055	0,065
Trabajo Dur. ¹	-0,034	0,035	-0,035	0,090	0,146	-0,248	0,276	-0,034	-0,020	-0,090	0,023	-0,046	0,100	-0,149
Trabajo Total	-0,012	0,059	0,017	0,264	0,163	-0,215	0,254	-0,012	-0,014	-0,091	0,030	-0,041	0,095	-0,062
Dureza 2	0,077	-0,018	0,193	-0,112	0,102	0,178	0,228	0,077	0,227	-0,072	0,146	0,190	-0,127	0,237
Adhesividad	-0,139*	0,267	-0,400	-0,144	-0,451*	-0,176	-0,271	-0,139*	-0,480*	0,105	0,383	-0,072	0,300	-0,023
Cohesividad	0,000	0,055	0,057	0,069	0,151	-0,147	0,252	0,000	-0,033	-0,157	-0,045	-0,080	0,116	0,046
Fracturabilidad	0,082	-0,097	0,408	-0,055	0,144	0,412	0,094	0,082	0,043	0,150	0,027	0,300	-0,331	0,385
Elasticidad	0,043	-0,159	0,496*	0,555*	0,361	-0,005	0,067	0,043	-0,056	0,234	-0,051	-0,019	-0,175	-0,199
Masticabilidad	0,153*	-0,008	0,425	0,260	0,178	0,057	0,334	0,153*	0,110	0,122	-0,081	0,064	-0,156	0,326

*p ≤ 0.05. Las correlaciones marcadas son significativas.

Anexo 6 Correlación entre la friabilidad sensorial (escala referencia del 1 al 7) y los parámetros de análisis de perfil de textura instrumental a un 50 o 75% de compresión en muestras cilíndricas de queso fresco

Parámetro instrumental	50% de deformación							75% de deformación						
	General ²	Velocidad baja		Velocidad media		Velocidad alta		General ²	Velocidad baja		Velocidad media		Velocidad alta	
		2cm ø	3 cm ø	2cm ø	3 cm ø	2cm ø	3 cm ø		2cm ø	3 cm ø	2cm ø	3 cm ø	2cm ø	3 cm ø
Dureza 1	0,143*	0,072	-0,001	-0,204	0,002	-0,009	0,132	0,143*	0,161	-0,218	0,162	0,131	-0,120	0,283
Trabajo Dur. ¹	0,094	0,007	-0,080	-0,126	-0,008	-0,139	0,126	0,094	0,190	-0,190	0,053	0,110	-0,065	0,073
Trabajo Total	0,117	0,067	-0,025	-0,178	0,007	-0,086	0,128	0,117	0,192	-0,198	0,064	0,115	-0,060	0,143
Dureza 2	0,180*	0,230	0,243	-0,294	-0,029	0,222	0,137	0,180*	0,268	-0,313	0,269	0,347	0,019	0,369
Adhesividad	0,044	0,205	-0,322	0,203	-0,067	0,174	-0,170	0,044	0,054	0,304	0,010	-0,287	-0,100	-0,030
Cohesividad	0,117	0,074	-0,001	-0,204	0,003	-0,009	0,132	0,117	0,132	-0,127	0,030	0,025	-0,148	0,184
Fracturabilidad	0,084	0,264	0,406	-0,437	0,048	0,365	0,119	0,084	0,059	-0,065	0,281	0,303	0,229	0,306
Elasticidad	0,021	-0,059	0,155	-0,098	-0,229	0,146	0,218	0,021	0,236	0,125	0,140	-0,031	0,188	-0,415
Masticabilidad	0,122	0,170	0,208	-0,247	0,080	0,272	0,168	0,122	0,290	-0,117	0,350	0,053	0,065	0,221

*p ≤ 0.05. Las correlaciones marcadas son significativas.

b. Muestras cúbicas

Anexo 7 Correlación entre la dureza sensorial (escala referencia del 1 al 7) y los parámetros de análisis de perfil de textura instrumental a un 50 o 75% de compresión en muestras cúbicas de queso fresco

Parámetro instrumental	50% de deformación							75% de deformación						
	General ²	Velocidad baja		Velocidad media		Velocidad alta		General ²	Velocidad baja		Velocidad media		Velocidad alta	
		1,5cm ø	2cm ø	1,5cm ø	2cm ø	1,5cm ø	2cm ø		1,5cm ø	2cm ø	1,5cm ø	2cm ø	1,5cm ø	2cm ø
Dureza 1	0,145*	0,232	0,040	-0,326	-0,306	-0,290	0,013	0,145*	0,154	0,104	0,518*	0,174	0,326	-0,240
Trabajo Dur. ¹	0,161*	0,336	-0,047	-0,161	-0,199	-0,083	0,139	0,161*	0,311	0,216	0,450*	0,138	0,129	-0,153
Trabajo Total	0,185*	0,276	0,012	-0,208	-0,261	-0,259	0,148	0,185*	0,292	0,204	0,445*	0,284	0,124	-0,151
Dureza 2	0,146	0,084	0,071	-0,268	-0,219	-0,140	-0,055	0,146*	0,121	0,077	0,443	0,179	0,298	0,025
Adhesividad	0,090	-0,389	0,196	-0,064	0,341	0,253	0,245	0,090	0,070	-0,432	-0,132	0,223	0,007	-0,047
Cohesividad	0,207*	0,232	0,040	-0,326	-0,306	-0,290	0,013	0,207*	0,171	0,302	0,477*	0,250	0,562*	0,166
Fracturabilidad	-0,043	-0,183	0,052	-0,039	-0,067	0,013	-0,104	-0,043	-0,158	-0,217	0,059	-0,095	-0,066	-0,031
Elasticidad	0,159*	0,024	-0,449*	0,334	-0,434	0,021	0,426	0,159*	-0,397	0,006	0,175	0,175	0,308	-0,386

Masticabilidad	0,141*	0,041	0,050	-0,261	-0,315	-0,129	0,017	0,141*	-0,182	-0,064	0,511*	0,169	0,332	-0,296
-----------------------	--------	-------	-------	--------	--------	--------	-------	--------	--------	--------	--------	-------	-------	--------

1 Dur: dureza.

2 Datos de correlación de todas las muestras cilíndricas, sin separar velocidad o tamaño de muestra.

* $p \leq 0.05$. Las correlaciones marcadas son significativas.

Anexo 8 Correlación entre la elasticidad sensorial (escala referencia del 1 al 7) y los parámetros de análisis de perfil de textura instrumental a un 50 o 75% de compresión en muestras cúbicas de queso fresco

Parámetro instrumental	50% de deformación							75% de deformación						
	General ²	Velocidad baja		Velocidad media		Velocidad alta		General ²	Velocidad baja		Velocidad media		Velocidad alta	
		1,5cm ø	2cm ø	1,5cm ø	2cm ø	1,5cm ø	2cm ø		1,5cm ø	2cm ø	1,5cm ø	2cm ø	1,5cm ø	2cm ø
Dureza 1	0,121	0,098	-0,022	-0,218	-0,414	-0,098	-0,159	0,121	0,123	-0,087	0,559*	-0,123	0,101	-0,441
Trabajo Dur. ¹	0,214*	0,134	-0,077	-0,170	-0,058	-0,071	-0,146	0,214*	0,255	-0,093	0,508*	-0,305	0,043	-0,388
Trabajo Total	0,244*	0,119	-0,048	-0,075	-0,203	-0,067	-0,140	0,244*	0,227	-0,091	0,504*	-0,200	0,018	-0,374
Dureza 2	0,127*	0,078	0,070	-0,043	-0,445*	-0,001	0,131	0,127*	0,178	-0,098	0,482*	-0,081	0,088	-0,178
Adhesividad	0,074	-0,308	0,541*	-0,202	0,177	0,173	0,018	0,074	0,001	0,007	-0,098	-0,324	0,168	-0,349
Cohesividad	0,131*	0,098	-0,022	-0,218	-0,414	-0,098	-0,159	0,131*	-0,033	0,035	0,457*	-0,104	0,352	-0,152
Fracturabilidad	-0,031	0,028	0,128	0,269	-0,350	0,139	0,139	-0,031	-0,040	0,086	-0,183	0,371	-0,125	0,194
Elasticidad	0,239*	0,068	-0,279	-0,029	0,054	0,052	-0,026	0,239*	-0,319	-0,104	0,218	-0,102	0,188	-0,092
Masticabilidad	0,190*	0,070	0,083	-0,029	-0,596*	0,050	-0,053	0,190*	-0,073	0,001	0,484*	0,152	0,103	-0,151

*p ≤ 0.05. Las correlaciones marcadas son significativas.

Anexo 9 Correlación entre la masticabilidad sensorial (número de masticaciones) y los parámetros de análisis de perfil de textura instrumental a un 50 o 75% de compresión en muestras cúbicas de queso fresco

Parámetro instrumental	50% de deformación							75% de deformación						
	General ²	Velocidad baja		Velocidad media		Velocidad alta		General ²	Velocidad baja		Velocidad media		Velocidad alta	
		1,5cm ø	2cm ø	1,5cm ø	2cm ø	1,5cm ø	2cm ø		1,5cm ø	2cm ø	1,5cm ø	2cm ø	1,5cm ø	2cm ø
Dureza 1	0,063	-0,111	0,220	-0,016	-0,285	-0,024	-0,336	0,063	-0,079	-0,083	-0,081	-0,152	0,417	0,286
Trabajo Dur. ¹	0,026	-0,121	0,160	0,116	-0,100	0,041	-0,413	0,026	0,210	-0,094	0,028	-0,238	0,143	0,285
Trabajo Total	0,022	-0,111	0,170	-0,004	-0,084	0,055	-0,383	0,022	0,269	-0,082	0,029	-0,271	0,147	0,302
Dureza 2	0,074	-0,046	0,157	-0,148	-0,062	0,041	0,030	0,074	-0,045	-0,106	-0,078	-0,049	0,486*	-0,081
Adhesividad	-0,114	-0,128	-0,053	-0,219	-0,259	-0,118	0,175	-0,114	-0,191	0,364	-0,244	-0,486*	-0,231	-0,293
Cohesividad	0,080	-0,111	0,220	-0,016	-0,285	-0,024	-0,336	0,080	0,032	-0,122	0,023	-0,291	0,320	0,062
Fracturabilidad	-0,030	0,102	0,006	-0,296	0,092	0,054	0,401	-0,030	0,180	0,108	-0,235	0,206	0,040	-0,131
Elasticidad	0,017	0,099	0,180	0,150	0,379	-0,012	-0,459*	0,017	0,264	0,262	-0,361	-0,110	-0,029	0,232
Masticabilidad	0,017	-0,021	0,205	-0,172	-0,078	0,043	-0,205	0,017	0,131	0,194	-0,186	0,061	0,318	0,044

* $p \leq 0.05$. Las correlaciones marcadas son significativas.

Anexo 10 Correlación entre la humedad sensorial (escala referencia del 1 al 7) y los parámetros de análisis de perfil de textura instrumental a un 50 o 75% de compresión en muestras cúbicas de queso fresco

Parámetro instrumental	50% de deformación							75% de deformación						
	General ²	Velocidad baja		Velocidad media		Velocidad alta		General ²	Velocidad baja		Velocidad media		Velocidad alta	
		1,5cm ø	2cm ø	1,5cm ø	2cm ø	1,5cm ø	2cm ø		1,5cm ø	2cm ø	1,5cm ø	2cm ø	1,5cm ø	2cm ø
Dureza 1	0,021	0,219	0,205	-0,094	-0,043	0,482*	0,292	0,021	-0,260	0,329	0,018	0,098	0,125	0,129
Trabajo Dur. ¹	0,048	0,030	0,129	-0,113	-0,103	0,079	0,364	0,048	-0,069	0,351	0,033	0,164	0,325	0,173
Trabajo Total	0,067	0,093	0,181	-0,119	-0,068	0,499*	0,373	0,067	-0,027	0,318	0,004	0,283	0,349	0,146
Dureza 2	0,050	0,284	0,252	-0,112	0,045	0,171	0,113	0,050	-0,172	0,291	0,116	0,166	0,125	0,179
Adhesividad	0,058	0,144	-0,172	0,260	0,240	0,136	0,239	0,058	0,333	-0,372	0,277	0,066	-0,294	-0,184
Cohesividad	-0,017	0,219	0,205	-0,094	-0,043	0,482*	0,292	-0,017	-0,137	0,244	-0,133	0,224	-0,086	0,102
Fracturabilidad	0,039	0,323	0,125	-0,007	0,153	-0,007	-0,178	0,039	0,273	-0,507*	-0,275	-0,064	0,192	-0,270
Elasticidad	0,027	-0,132	-0,120	0,020	-0,191	0,473*	0,456*	0,027	0,569*	-0,452*	-0,480*	0,166	0,208	-0,223
Masticabilidad	0,076	0,315	0,249	-0,107	0,089	0,218	0,280	0,076	0,131	-0,308	-0,124	0,169	0,260	-0,177

*p ≤ 0.05. Las correlaciones marcadas son significativas.

Anexo 11 Correlación entre la adhesividad sensorial (escala referencia del 1 al 7) y los parámetros de análisis de perfil de textura instrumental a un 50 o 75% de compresión en muestras cúbicas de queso fresco

Parámetro instrumental	50% de deformación							75% de deformación						
	General ²	Velocidad baja		Velocidad media		Velocidad alta		General ²	Velocidad baja		Velocidad media		Velocidad alta	
		1,5cm ø	2cm ø	1,5cm ø	2cm ø	1,5cm ø	2cm ø		1,5cm ø	2cm ø	1,5cm ø	2cm ø	1,5cm ø	2cm ø
Dureza 1	0,135*	0,338	0,042	-0,445	0,176	0,454*	0,174	0,135*	0,305	0,392	0,364	0,257	0,220	0,089
Trabajo Dur. ¹	0,038	0,245	-0,056	-0,352	0,265	0,500*	0,271	0,038	-0,081	0,275	0,213	0,308	0,183	-0,109
Trabajo Total	0,036	0,174	-0,087	-0,406	0,221	0,019	0,230	0,036	-0,040	0,305	0,211	0,259	0,190	-0,066
Dureza 2	0,177*	0,287	0,366	-0,292	0,255	0,145	0,535*	0,177*	0,422	0,245	0,309	0,319	0,132	0,211
Adhesividad	0,081	-0,167	0,198	0,370	0,391	0,385	0,113	0,081	0,413	-0,217	0,160	-0,198	-0,014	-0,291
Cohesividad	0,127	0,338	0,042	-0,445	0,176	0,454*	0,174	0,127	0,335	0,212	0,388	0,168	-0,070	0,168
Fracturabilidad	-0,008	0,385	0,311	0,145	0,104	-0,039	0,173	-0,008	0,302	-0,456*	0,012	0,038	-0,144	-0,152
Elasticidad	0,001	0,001	-0,423	0,014	0,084	-0,048	0,502*	0,001	-0,299	-0,643*	-0,060	0,043	0,367	-0,047
Masticabilidad	0,063	0,417	0,246	-0,317	0,218	0,151	0,443	0,063	0,209	-0,268	0,318	0,291	0,303	-0,025

* $p \leq 0.05$. Las correlaciones marcadas son significativas.

Anexo 12 Correlación entre la friabilidad sensorial (escala referencia del 1 al 7) y los parámetros de análisis de perfil de textura instrumental a un 50 o 75% de compresión en muestras cúbicas de queso fresco

Parámetro instrumental	50% de deformación							75% de deformación						
	General ²	Velocidad baja		Velocidad media		Velocidad alta		General ²	Velocidad baja		Velocidad media		Velocidad alta	
		1,5cm ø	2cm ø	1,5cm ø	2cm ø	1,5cm ø	2cm ø		1,5cm ø	2cm ø	1,5cm ø	2cm ø	1,5cm ø	2cm ø
Dureza 1	-0,008	0,225	0,294	-0,391	0,138	0,650*	0,190	-0,008	0,059	0,181	0,222	-0,191	0,001	0,259
Trabajo Dur. ¹	-0,109	0,011	0,270	-0,429	-0,010	0,234	0,197	-0,109	-0,210	0,137	0,068	-0,159	0,249	0,153
Trabajo Total	-0,128*	0,104	0,310	-0,277	0,082	0,632*	0,234	-0,128*	-0,224	0,139	0,056	-0,259	0,246	0,157
Dureza 2	0,052	0,347	0,225	0,028	0,219	0,258	0,285	0,052	0,314	0,090	0,286	-0,113	-0,116	0,165
Adhesividad	-0,003	-0,037	-0,421	0,424	-0,409	0,138	0,191	-0,003	0,529*	0,109	0,251	0,061	0,171	-0,141
Cohesividad	-0,017	0,225	0,294	-0,391	0,138	0,650*	0,190	-0,017	0,100	-0,071	0,182	-0,275	-0,194	-0,015
Fracturabilidad	0,052	0,541*	0,041	0,591*	0,315	0,010	0,074	0,052	0,532*	-0,177	0,133	-0,006	-0,188	-0,104
Elasticidad	-0,099	-0,139	0,365	-0,196	0,171	0,046	-0,113	-0,099	0,048	0,021	-0,293	0,359	0,186	0,110
Masticabilidad	-0,026	0,422	0,339	-0,047	0,388	0,272	0,265	-0,026	0,329	0,029	0,197	0,116	0,023	0,059

*p ≤ 0.05. Las correlaciones marcadas son significativas