



**Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión**  
**Escuela de Posgrado**

**Textura oral de postres de natillas comerciales a base de almidón a través de  
pruebas instrumentales y percepción sensorial dinámica**

**Tesis**

Para optar el Grado Académico de Maestro en Ciencias de los Alimentos

**Autor**

Alvaro Fernando Yana Alfaro

**Asesor**

M(o). Robert William Ocrospoma Dueñas

**Huacho – Perú**

**2026**



**Reconocimiento - No Comercial – Sin Derivadas - Sin restricciones adicionales**

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

**Reconocimiento:** Debe otorgar el crédito correspondiente, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de ninguna manera que sugiera que el licenciante lo respalda a usted o su uso. **No Comercial:** No puede utilizar el material con fines comerciales. **Sin Derivadas:** Si remezcla, transforma o construye sobre el material, no puede distribuir el material modificado. **Sin restricciones adicionales:** No puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros de hacer cualquier cosa que permita la licencia.



**UNIVERSIDAD NACIONAL**  
**JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN**  
**LICENCIADA**

*(Resolución de Consejo Directivo N° 012-2020-SUNEDU/CD de fecha 27/01/2020)*

**ESCUELA DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LOS ALIMENTOS**

**METADATOS**

<b>DATOS DEL AUTOR (ES):</b>		
<b>NOMBRES Y APELLIDOS</b>	<b>DNI</b>	<b>FECHA DE SUSTENTACIÓN</b>
Alvaro Fernando Yana Alfaro	42084496	19/03/2026
<b>DATOS DEL ASESOR:</b>		
<b>NOMBRES Y APELLIDOS</b>	<b>DNI</b>	<b>CÓDIGO ORCID</b>
M(o). Robert William Ocrosopoma Dueñas	15728953	<a href="https://orcid.org/0000-0002-8312-6359">https://orcid.org/0000-0002-8312-6359</a>
<b>DATOS DE LOS MIEMBROS DE JURADOS – PREGRADO/POSGRADO-MAESTRÍA-DOCTORADO:</b>		
<b>NOMBRES Y APELLIDOS</b>	<b>DNI</b>	<b>CÓDIGO ORCID</b>
Dr. Fredesvindo Fernandez Herrera	40588728	<a href="https://orcid.org/0000-0003-2973-7973">https://orcid.org/0000-0003-2973-7973</a>
M(o). Edson Max Caro Degollar	45593669	<a href="https://orcid.org/0000-0001-7156-6691">https://orcid.org/0000-0001-7156-6691</a>
M(o). Felix Bustamante Bustamante	44229029	<a href="https://orcid.org/0000-0001-9061-1718">https://orcid.org/0000-0001-9061-1718</a>

# ALVARO FERNANDO YANA ALFARO 2025-108114

## TEXTURA ORAL DE POSTRES DE NATILLAS COMERCIALES A BASE DE ALMIDÓN A TRAVÉS DE PRUEBAS INSTRUMENTALE...

DGI-POSGRADO 2026

Dirección de Gestión de la Investigación-VRI 2026

DIRECCION DE GESTION DE LA INVESTIGACION

### Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::1:3456171638

Fecha de entrega

12 ene 2026, 8:55 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

12 ene 2026, 8:59 a.m. GMT-5

Nombre del archivo

PRUEBAS\_INSTRUMENTALES\_Y\_PERCEPCI\_N\_SENSORIAL\_DIN\_MICA\_3\_7.pdf

Tamaño del archivo

1.9 MB

97 páginas

22.897 palabras

127.139 caracteres



Página 2 de 107 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega trn:oid:::1:3456171638

## 20% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...


### Exclusiones

- N.º de fuentes excluidas
- N.º de coincidencias excluidas

### Fuentes principales

19%  Fuentes de Internet

15%  Publicaciones

16%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

### Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

## **DEDICATORIA**

Agradezco a Dios, quien me otorgó la sabiduría y la fortaleza necesarias para desarrollar y culminar este trabajo de investigación. Con todo mi amor y cariño, dedico este logro a mis padres, Fermín Yana Sucasaca y Agustina Alfaro Requena, quienes me acompañaron durante toda mi etapa universitaria brindándome su confianza y apoyo incondicional. Asimismo, a mis queridos hermanos Abel, Roxana, Marilú, Erick y sobrinos por estar siempre presentes en cada momento de mi vida universitaria y ser un pilar fundamental en este camino.

*Alvaro Fernando Yana Alfaro*

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por su guía y fortaleza en los momentos más desafiantes que enfrenté durante este proceso académico. A mis padres y hermanos, por su amor, paciencia y apoyo incondicional que me permitieron seguir adelante y culminar esta meta.

Mi profundo agradecimiento a mis asesores, M(o). Robert William Ocospoma Dueñas y Dr. Reynaldo Justino Silva Paz, por su valiosa orientación, conocimientos y constante apoyo durante toda la realización de esta investigación. Su experiencia y consejos fueron fundamentales para alcanzar el éxito en este trabajo.

Asimismo, agradezco a mis compañeros y amigos por su estímulo y compañía durante esta etapa, así como a todas las personas e instituciones que contribuyeron de alguna manera a la realización de este proyecto.

*Alvaro Fernando Yana Alfaro*

## ÍNDICE

<b>DEDICATORIA</b>	<b>iv</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b>	<b>v</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>xi</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>xii</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>xiii</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	<b>1</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Descripción de la realidad problemática</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Formulación del problema</b>	<b>1</b>
<b>1.2.1 Problema general</b>	<b>1</b>
<b>1.2.2 Problemas específicos</b>	<b>1</b>
<b>1.3 Objetivos de la investigación</b>	<b>2</b>
<b>1.3.1 Objetivo general</b>	<b>2</b>
<b>1.3.2 Objetivos específicos</b>	<b>2</b>
<b>1.4 Justificación de la investigación</b>	<b>2</b>
<b>1.5 Delimitaciones del estudio</b>	<b>3</b>
<b>1.6 Viabilidad del estudio</b>	<b>3</b>
<b>CAPÍTULO II</b>	<b>5</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b>	<b>5</b>
<b>2.1 Antecedentes de la investigación</b>	<b>5</b>
<b>2.1.1 Investigaciones internacionales</b>	<b>5</b>
<b>2.1.2 Investigaciones nacionales</b>	<b>6</b>
<b>2.2 Bases teóricas</b>	<b>7</b>
<b>2.3 Bases filosóficas</b>	<b>12</b>
<b>2.4 Definición de términos básicos</b>	<b>12</b>
<b>2.5 Hipótesis de investigación</b>	<b>13</b>
<b>2.5.1 Hipótesis general</b>	<b>13</b>
<b>2.5.2 Hipótesis específicas</b>	<b>13</b>
<b>2.6 Operacionalización de las variables</b>	<b>13</b>
<b>CAPÍTULO III</b>	<b>15</b>
<b>METODOLOGÍA</b>	<b>15</b>
<b>3.1 Diseño metodológico</b>	<b>15</b>

<b>3.2 Población y muestra</b>	<b>15</b>
<b>3.2.1 Población</b>	<b>15</b>
<b>3.2.2 Muestra</b>	<b>15</b>
<b>3.3 Técnicas de recolección de datos</b>	<b>16</b>
<b>3.4 Técnicas para el procesamiento de la información</b>	<b>18</b>
<b>CAPÍTULO IV</b>	<b>19</b>
<b>RESULTADOS</b>	<b>19</b>
<b>4.1 Análisis de resultados</b>	<b>19</b>
<b>4.2 Contratación de hipótesis</b>	<b>32</b>
<b>CAPÍTULO V</b>	<b>36</b>
<b>DISCUSIÓN</b>	<b>36</b>
<b>5.1 Discusión de resultados</b>	<b>36</b>
<b>CAPÍTULO VI</b>	<b>46</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>46</b>
<b>6.1 Conclusiones</b>	<b>46</b>
<b>6.2 Recomendaciones</b>	<b>47</b>
<b>REFERENCIAS</b>	<b>48</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>54</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Diseño de operacionalización de variables del estudio .....	13
Tabla 2. Resultado de las propiedades reológicas de las distintas muestras (ajustadas al modelo de la ley de potencia: $\sigma = k * \gamma^n$ ) .....	19
Tabla 3. Propiedades de textura instrumental (TPA) de las distintas muestras.....	21
Tabla 4. Parámetros fisicoquímicos de las distintas muestras.....	22
Tabla 5. Propiedades colorimétricas (espacio CIE L*a*b*) de las distintas muestras.....	23
Tabla 6. Frecuencia de selección de atributos CATA para las distintas muestras .....	24
Tabla 7. Coeficientes de correlación de Spearman (r) entre parámetros instrumentales clave y atributos sensoriales significativos .....	30
Tabla 8. Análisis de la prueba de aceptabilidad de las diferentes muestras .....	33
Tabla 9. Análisis de la percepción sensorial.....	34
Tabla 10. Correlación de los parámetros instrumentales y sensoriales .....	35

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curva de esfuerzo de corte respecto a la velocidad de corte de las diferentes natillas estudiadas.....	20
Figura 2. Análisis de correspondencia de las diferentes natillas estudiadas .....	25
Figura 3. Resultados de los atributos asociados a la aceptabilidad mediante análisis de componentes principales de las diferentes natillas estudiadas .....	26
Figura 4. Efecto sobre la media de aceptabilidad de los atributos sobre las diferentes natillas estudiadas.....	27
Figura 5. Aceptabilidad e intención de compra de las diferentes muestras estudiadas .....	29
Figura 6. Análisis de las curvas de dominancia temporal de sensaciones de las diferentes natillas estudiadas.....	29

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia .....	54
Anexo 2. Análisis estadístico .....	56

## RESUMEN

La textura oral es un atributo determinante en la aceptación de postres lácteos como las natillas comerciales a base de almidón. Esta investigación evaluó integralmente la textura de cinco formulaciones de natillas (T1 a T5) mediante un enfoque dual que combinó pruebas instrumentales objetivas y análisis de percepción sensorial, con el fin de identificar los parámetros clave que influyen en la calidad y aceptabilidad del producto. Las mediciones instrumentales incluyeron análisis reológicos (modelo ley de potencia), perfil de textura (TPA), fisicoquímicos (°Brix, pH, acidez, humedad) y colorimétricos (CIE L\*a\*b\*). Sensorialmente, se aplicaron metodologías estáticas (CATA) junto con la evaluación de la aceptabilidad global y dinámicas (TDS, Temporal Dominance of Sensations). Los resultados instrumentales revelaron grandes diferencias entre formulaciones. Los tratamientos T1, T2, T3 y T4 mostraron perfiles de mayor consistencia reológica y cohesividad, mientras que T5, identificado como la formulación "light", presentó una estructura débil (bajo índice de consistencia, alta dureza y baja cohesividad), alta humedad (84.46%) y bajo contenido de sólidos (12.1 °Brix). El perfil sensorial de T5 fue consistentemente negativo, asociándose a dulce bajo, insípido, grasoso y mostrando una secuencia TDS dominada por defectos. Por el contrario, las natillas con mayor °Brix y una textura cohesiva (T1, T2, T3, T4) fueron percibidas como más cremosas, agradables y con un sabor a chocolate más intenso. El análisis de correlación de Spearman confirmó relaciones robustas: el °Brix se correlacionó positivamente con muy dulce ( $r=0.89$ ) y la aceptabilidad ( $r=0.90$ ), mientras que la humedad lo hizo negativamente con cremoso ( $r=-0.88$ ). La cohesividad y el índice de consistencia reológica se correlacionaron positivamente con la percepción de cremosidad ( $r > 0.79$ ). Se concluye que la aceptabilidad de las natillas comerciales a base de almidón está determinada por un equilibrio óptimo entre composición y estructura. Una formulación exitosa debe garantizar un contenido suficiente de sólidos solubles (alto °Brix), humedad controlada con una textura cohesiva y suave, percibida como cremosa. Los parámetros instrumentales, especialmente °Brix, humedad, índice de consistencia reológica ( $k$ ) y cohesividad (TPA), demostraron ser predictores confiables de la percepción sensorial y la preferencia del consumidor, validando su uso para el control de calidad predictivo y el desarrollo de productos orientados al mercado.

Palabras clave: Textura oral, natilla, reología, sensorial, consumidor.

## ABSTRACT

Oral texture is a key attribute in the acceptance of dairy desserts such as commercial starch-based custards. This research comprehensively evaluated the texture of five custard formulations (T1 to T5) using a dual approach that combined objective instrumental tests and sensory perception analysis to identify the key parameters influencing product quality and acceptability. Instrumental measurements included rheological analysis (power law model), texture profile analysis (TPA), physicochemical analysis ( $^{\circ}$ Brix, pH, acidity, moisture), and colorimetric analysis (CIE  $L^*a^*b^*$ ). Sensory analysis employed static methodologies (CATA) along with overall acceptability assessment and dynamic methodologies (TDS, Temporal Dominance of Sensations). The instrumental results revealed significant differences between formulations. Treatments T1, T2, T3, and T4 showed profiles with greater rheological consistency and cohesiveness, while T5, identified as the "light" formulation, presented a weak structure (low consistency index, high hardness, and low cohesiveness), high moisture content (84.46%), and low solids content (12.1  $^{\circ}$ Brix). The sensory profile of T5 was consistently negative, associated with low sweetness, blandness, and a greasy taste, and exhibiting a TDS sequence dominated by defects. Conversely, the custards with higher  $^{\circ}$ Brix and a cohesive texture (T1, T2, T3, T4) were perceived as creamier, more pleasant, and with a more intense chocolate flavor. Spearman's rank correlation analysis confirmed robust relationships:  $^{\circ}$ Brix correlated positively with very sweet ( $r=0.89$ ) and acceptability ( $r=0.90$ ), while moisture correlated negatively with creamy ( $r=-0.88$ ). Cohesiveness and the rheological consistency index were positively correlated with the perception of creaminess ( $r > 0.79$ ). It is concluded that the acceptability of commercial starch-based custards is determined by an optimal balance between composition and structure. A successful formulation must guarantee a sufficient content of soluble solids (high  $^{\circ}$ Brix), controlled moisture, and a cohesive and smooth texture perceived as creamy. Instrumental parameters, especially  $^{\circ}$ Brix, moisture, rheological consistency index ( $k$ ), and cohesiveness (TPA), proved to be reliable predictors of sensory perception and consumer preference, validating their use for predictive quality control and market-oriented product development.

Keywords: Oral Texture, custard, rheology, sensory, consumer.

## INTRODUCCIÓN

Dentro de análisis sensorial de los alimentos, la textura se erige como una dimensión crítica, a menudo tan decisiva como el sabor en la aceptación y el placer asociado al consumo. Entre los productos que habitan en la delgada línea entre la nostalgia y la conveniencia moderna, los postres de natillas comerciales a base de almidón ocupan un lugar principal, ya que son productos de consumo masivo, presentes en hogares y establecimientos de todo el mundo, que prometen una experiencia cremosa, suave y reconfortante. Por ello, explorar en profundidad la textura oral de los postres de natillas comerciales a base de almidón, empleando un enfoque dual constituye una base para la ciencia de alimentos moderna: la objetividad de las pruebas instrumentales (reología, análisis de imagen, medición de fuerzas) y la subjetividad inherente de la percepción sensorial humana.

La textura, definida como el conjunto de propiedades mecánicas, geométricas y de superficie de un producto, percibidas a través de los sentidos de la kinestesia (músculos y tendones), el tacto (incluyendo la boca y las manos) y, en ocasiones, la vista y el oído, es un atributo multifacético. En el contexto de las natillas, la textura oral —aquella que se experimenta desde el momento en que el producto entra en la boca, durante la manipulación con la lengua y el paladar, hasta su deglución— es el criterio de calidad por excelencia. No se trata simplemente de una cuestión de consistencia; es una experiencia dinámica que involucra fenómenos como la fluidez bajo cizalla (cómo se desestructura al ser presionada contra el paladar), adhesividad (la tendencia a pegarse a las superficies bucales), densidad o firmeza, gomosidad, untuosidad y sensación residual o “afterfeel”. Para el consumidor, términos como “ligero”, “denso”, “suave” o “chicloso” son descriptores intuitivos de esta experiencia multisensorial. Aquí es donde surge la necesidad de un enfoque metodológico riguroso y complementario. Por un lado, las pruebas instrumentales ofrecen una cuantificación objetiva y reproducible de las propiedades físico-mecánicas del alimento. Instrumentos como el texturómetro (que realiza pruebas de penetración, compresión o extensibilidad) permiten medir fuerzas en condiciones controladas, generando parámetros como dureza, cohesividad, adhesividad e índice de springiness (elasticidad). La reología, por su parte, estudia la deformación y el flujo de la materia. Un reómetro puede caracterizar cómo se comporta la natilla bajo diferentes esfuerzos de cizalla, simulando desde el reposo en el envase hasta la agitación en la boca. Parámetros como la viscosidad aparente, el módulo

de almacenamiento ( $G'$ ) y pérdida ( $G''$ ), y el punto de fluencia, que describen el carácter viscoelástico del producto. Pero los datos obtenidos por equipos instrumentales, por precisos que sean, carecen de significado gastronómico o comercial si no se interpretan en el contexto de la experiencia humana. La percepción sensorial es el árbitro final de la calidad. Un panel sensorial entrenado o incluso los consumidores, utilizando metodologías científicas como el Análisis de Perfil de Textura (TPA sensorial), el Quantitative Descriptive Analysis (QDA) o métodos de mapeo rápido como Flash Profile, CATA, TCATA o TDS, puede describir y cuantificar las sensaciones texturales con un vocabulario estandarizado. Estas personas no solo evalúan intensidades (“muy adhesivo”, “poco firme”), sino que también desglosan la experiencia temporal: la fase inicial (primer contacto, resistencia a la cuchara), la fase masticatoria o de manipulación bucal (cómo se deshace, liberación de humedad, sensación en paladar), y la fase residual (sensación después de tragar, limpieza bucal). Es en la boca donde la física del alimento dialoga con la fisiología y la psicología del individuo, mediada por factores como la temperatura, la salivación y las expectativas generadas por la experiencia previa y el marketing.

El estudio de la textura oral de las natillas comerciales a base de almidón es un trabajo que ayuda a comprender lo complejo de la ciencia de alimentos aplicada. Lejos de ser un atributo secundario, la textura es una propiedad holística y decisiva, construida por la química del almidón y moldeada por la tecnología de procesos, pero cuya verdadera esencia solo se revela en la experiencia sensorial del consumidor. Al tender un puente sólido entre la precisión cuantitativa de las pruebas instrumentales y la información cualitativa de la percepción sensorial, este trabajo aspira no solo a describir, sino a comprender y predecir. Describiendo como una matriz de ingredientes produce y genera una experiencia placenteramente cremosa, proporcionando a la industria herramientas para innovar con criterio y al consumidor la garantía de un placer textural consistente y satisfactorio al ser consumido.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 Descripción de la realidad problemática

La textura es un atributo crítico en la aceptabilidad de los postres de natillas comerciales, puesto que incide de manera directa en la experiencia sensorial del cliente. Sin embargo, muchos productos a base de almidón presentan inconsistencias en su textura, como gomosidad o sinéresis, debido a variaciones en los procesos de fabricación y formulación (Bourne, 2002). Estas deficiencias pueden generar rechazo por parte de los consumidores, repercutiendo en la competitividad de las marcas.

Además, la textura evaluada de forma instrumental puede diferir de la percibida por las personas, lo que dificulta predecir la aceptación real del producto (Guinard & Mazzucchelli, 1996). Las pruebas reológicas tradicionales, como la viscosimetría o la texturometría, no capturan completamente la experiencia dinámica de consumo, lo que limita su utilidad en el desarrollo de productos. Esto evidencia la necesidad de integrar metodologías sensoriales avanzadas, como el Temporal Dominance of Sensations (TDS), para comprender mejor la percepción del consumidor.

Finalmente, la escasa normalización de los procedimientos de análisis sensorial e instrumental dificulta la comparación de resultados entre estudios (Saint-Eve et al., 2004). Este escenario supone una problemática para el auge de la industria alimentaria, que busca optimizar la formulación de natillas sin sacrificar su calidad textural. Por ello, se requiere un enfoque multidisciplinario que combine técnicas instrumentales con análisis sensorial dinámico.

### 1.2 Formulación del problema

#### 1.2.1 Problema general

¿Cómo influyen las propiedades reológicas y la percepción sensorial en la calidad y aceptabilidad de postres de natillas comerciales a base de almidón para garantizar una mejor aceptación por parte de los consumidores?

#### 1.2.2 Problemas específicos

- ¿Qué características reológicas y texturales presentan los postres de natillas comerciales a base de almidón al ser evaluados mediante técnicas instrumentales?

- ¿Cómo varía la percepción sensorial dinámica de la textura en consumidores al evaluar natillas mediante metodologías como Temporal Dominance of Sensations (TDS)?
- ¿Existe correlación significativa entre los parámetros instrumentales de textura y los resultados obtenidos en pruebas sensoriales dinámicas?

### **1.3 Objetivos de la investigación**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Evaluar la textura oral de postres de natillas comerciales a base de almidón mediante pruebas instrumentales y percepción sensorial para determinar su influencia en la calidad y aceptación del producto.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Caracterizar las propiedades reológicas y texturales de natillas comerciales a base de almidón mediante técnicas instrumentales (texturómetro, reómetro) para identificar parámetros claves de calidad.
- Analizar la percepción sensorial dinámica de las natillas mediante metodologías como Temporal Dominance of Sensations (TDS) para evaluar cómo los consumidores perciben los cambios en textura durante el consumo.
- Correlacionar los datos instrumentales con los resultados sensoriales para establecer qué parámetros físicos predicen mejor la aceptabilidad y preferencia del consumidor.

### **1.4 Justificación de la investigación**

Se justifica por la creciente demanda de productos lácteos con características texturales óptimas que satisfagan las expectativas del consumidor. Estudios previos han demostrado que la textura representa hasta el 30% de los criterios de rechazo o selección en productos lácteos (Çakmakçı et al., 2020). Sin embargo, existe una brecha significativa entre las mediciones instrumentales de textura y la percepción humana real, lo que dificulta el desarrollo de estos productos a la par con las preferencias del mercado. Esta discrepancia afecta directamente a la industria alimentaria, que requiere métodos más precisos para predecir la aceptación de sus productos.

Desde una perspectiva tecnológica, la investigación aportará metodologías innovadoras al integrar técnicas reológicas avanzadas con análisis sensorial dinámico, como el Temporal Dominance of Sensations (TDS). Según Laguna et al. (2017), este

enfoque combinado permite una caracterización más completa de la experiencia de consumo, superando las limitaciones de las evaluaciones sensoriales convencionales. Los resultados obtenidos podrían establecer nuevos protocolos estandarizados para la evaluación de productos lácteos, beneficiando tanto a la industria como a la comunidad científica. Además, el estudio generará datos valiosos sobre la relación entre parámetros físicos medibles y percepciones sensoriales, información crucial para el diseño de alimentos.

Finalmente, la investigación tiene relevancia económica y social al abordar un producto de amplio consumo en diversos mercados. Mejoras en la calidad textural de las natillas podrían traducirse en mayores índices de satisfacción del consumidor y, consecuentemente, en ventajas competitivas para los fabricantes. Como señala Tarrega et al. (2020), la optimización de atributos sensoriales en alimentos básicos contribuye a la reducción del desperdicio alimentario al disminuir los rechazos por defectos de calidad. Este estudio, por tanto, no solo enriquece el conocimiento científico en ciencia de alimentos, sino que también ofrece aplicaciones prácticas con impacto directo en la industria y los consumidores.

### **1.5 Delimitaciones del estudio**

Se centró exclusivamente en el análisis de postres de natillas comerciales a base de almidón, evaluando específicamente sus propiedades texturales mediante pruebas instrumentales (reometría y texturometría) y sensoriales dinámicas (Temporal Dominance of Sensations - TDS), en muestras obtenidas de cinco marcas líderes del mercado nacional. El estudio se limitó a caracterizar parámetros de viscosidad, firmeza, adhesividad y percepción sensorial temporal durante un período de 6 meses, sin considerar otros atributos sensoriales como sabor o aroma, ni variables de procesamiento industrial. El grupo de panelistas estuvo conformado por 30 consumidores habituales de 18 a 55 años, excluyendo personas con alergias alimentarias o trastornos sensoriales.

### **1.6 Viabilidad del estudio**

Fue viable gracias a que se dispuso de equipamiento necesario (texturómetro y reómetro), así como de personal capacitado para el análisis sensorial. Las técnicas propuestas (TDS y análisis reológico) están validadas en la literatura científica para productos lácteos, lo que garantiza la confiabilidad metodológica. El cronograma

propuesto de 6 meses resulta adecuado para completar todas las etapas experimentales y de análisis de datos.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes de la investigación

##### 2.1.1 Investigaciones internacionales

Guinard & Mazzucchelli (1996) analizaron las limitaciones de los métodos instrumentales para predecir la percepción humana en su estudio *The sensory perception of texture and mouthfeel*. Demostraron que atributos como cremosidad o viscosidad percibida no pueden explicarse únicamente mediante parámetros reológicos tradicionales, identificando la necesidad de complementar con análisis sensorial. Su trabajo reveló que factores psicológicos y fisiológicos (como temperatura bucal y flujo salival) modifican sustancialmente la experiencia de consumo. Estos hallazgos justifican el enfoque dual (instrumental-sensorial) propuesto para evaluar natillas, pues evidencian que las mediciones físicas por sí solas son insuficientes para predecir la aceptación del producto.

Saint-Eve et al. (2004) innovaron en evaluación sensorial al adaptar la técnica TDS (Temporal Dominance of Sensations) para productos lácteos en su investigación con yogures bajos en grasa. Demostraron que esta metodología captura la evolución temporal de atributos texturales durante el consumo, identificando secuencias de percepción no detectables con pruebas convencionales. Su protocolo estandarizado - que incluye entrenamiento de panelistas y selección de descriptores específicos- permite cuantificar cómo dominan atributos como "cremosidad" o "gomosidad" en diferentes fases de la degustación. Este antecedente valida el uso de TDS para natillas, pues comparten características físico-químicas similares, ofreciendo información dinámica crucial para optimizar su formulación.

Çakmakçi et al. (2020) investigaron sistemáticamente cómo diferentes estabilizantes (gelatinas, pectinas, almidones modificados) afectan las propiedades texturales de yogures, estableciendo correlaciones cuantitativas entre composición y parámetros reológicos. Mediante análisis multivariado, identificaron que concentraciones específicas de almidón modificado optimizaban simultáneamente viscosidad aparente y resistencia a la sinéresis. Su metodología experimental -que combina espectroscopía Raman con pruebas de penetración- resulta particularmente

relevante para estudiar natillas comerciales, pues estas suelen emplear mezclas complejas de espesantes. Los resultados sugieren que pequeñas variaciones en formulación pueden impactar significativamente tanto en propiedades instrumentales como en estabilidad durante el almacenamiento.

Laguna et al. (2017) avanzaron en la comprensión de mecanismos de lubricación bucal en su estudio *Relating rheology and tribology*, demostrando que la fricción medida instrumentalmente predice mejor la percepción de cremosidad que la viscosidad tradicional. Desarrollaron un modelo físico-matemático que relaciona parámetros tribológicos con descriptores sensoriales en productos lácteos, validado con panel entrenado. Este trabajo es pionero al incorporar mediciones de fricción en condiciones que simulan el ambiente oral, proporcionando una explicación mecanicista a por qué ciertas formulaciones generan percepciones más placenteras. Para el estudio de natillas, estos hallazgos sugieren la necesidad de complementar reometría con tribometría para comprender completamente su comportamiento durante el consumo real.

Tarrega et al. (2020) investigaron cómo la microestructura de quesos afecta la liberación temporal de atributos sensoriales, empleando técnicas de imagenología por resonancia magnética combinadas con análisis TDS. Demostraron que el tamaño y distribución de glóbulos grasos determinan la secuencia de percepción de textura, con implicaciones directas en formulación. Su enfoque metodológico -que correlaciona microestructura, propiedades físicas y percepción dinámica- es transferible al estudio de natillas, donde la distribución homogénea de fase grasa y partículas de almidón resulta crítica. Estos resultados subrayan la importancia de considerar no solo composición global sino también organización estructural al diseñar productos lácteos semisólidos con características texturales óptimas.

### **2.1.2 Investigaciones nacionales**

Janhoj et al. (2008) establecieron patrones de correlación cuantitativa entre parámetros instrumentales y descriptores sensoriales en yogures bajos en grasa, mediante análisis de componentes principales y regresión PLS. Identificaron que la fuerza de ruptura medida instrumentalmente predecía el 78% de la variabilidad en percepción de firmeza, mientras que la viscosidad aparente correlacionaba con cremosidad percibida. Su protocolo estadístico -que incluye validación cruzada con

consumidores- ofrece un marco metodológico robusto para analizar datos de natillas comerciales. Estos resultados respaldan la hipótesis de que es posible desarrollar modelos predictivos que vinculen mediciones objetivas con percepción subjetiva, reduciendo la dependencia de costosas pruebas sensoriales en desarrollo de productos.

Bourne (2002) estableció los principios científicos para la evaluación objetiva de texturas en alimentos, desarrollando metodologías estandarizadas para análisis reológicos y de fuerza de compresión. Su trabajo demostró cómo parámetros como elasticidad, dureza y adhesividad pueden cuantificarse instrumentalmente mediante texturómetros, sentando las bases para estudios posteriores en productos semisólidos. Particularmente relevante para esta investigación, Bourne propuso protocolos específicos para evaluar postres lácteos, destacando la importancia de controlar variables como temperatura y velocidad de deformación durante las mediciones. Estos fundamentos técnicos resultan esenciales para el análisis de natillas comerciales, pues permiten comparar resultados entre diferentes estudios y marcas.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1. Dinámica del proceso oral en la percepción de la textura del alimento**

El procesado oral constituye un fenómeno complejo que integra, por un lado, un mecanismo fisiológico regulado por centros nerviosos centrales y, por otro, un mecanismo físico determinado por la configuración estructural y comportamiento mecánico del alimento (Chen, 2009). A la par, este proceso implica tanto la fragmentación del alimento como la generación de sensaciones perceptivas. Por lo tanto, la manera en que la estructura del alimento se desintegra en la cavidad oral y los mecanismos que regulan dicho proceso influyen de manera decisiva en la percepción sensorial del alimento durante su consumo (Chen, 2015).

Comprender cómo los sentidos responden a la estructura de los alimentos y cómo esta condiciona su descomposición requiere un enfoque interdisciplinario que articule una respuesta fisiopsicológica de la percepción junto con componentes físicos y químicos vinculados a la matriz estructural del alimento (Rosenthal, 1999). Bajo esta perspectiva, los parámetros estructurales y comportamiento mecánico se consideran determinantes clave para comprender y regular la captación de los atributos texturales (Devezeaux de Lavergne et al., 2017). Cabe mencionar que según la clasificación de

los alimentos existirán diferencias sustanciales en los mecanismos e intensidad del proceso oral requerido para su consumo (van Vliet et al., 2009).

Por otro lado, la textura constituye una propiedad sensorial que se origina a partir de las características mecánicas y estructurales del alimento y cuya evaluación es exclusivamente humana (Szczesniak, 2002). No obstante, los instrumentos únicamente permiten medir propiedades físicas, mas no la textura en sí misma (Bourne, 1999; van Vliet, 2002). En este sentido, la medición instrumental de la textura supone la posibilidad de expresar un atributo sensorial a través de parámetros físicos, de modo que la percepción humana pueda ser cuantificada mediante métodos objetivos, reproducibles y confiables (Chen, 2014).

En síntesis, para establecer y comprender el vínculo entre la percepción textural y las mediciones instrumentales, resulta indispensable que la textura sea percibida de manera consistente por los evaluadores, que los componentes físicos relevantes del alimento puedan identificarse adecuadamente y que estas sean medibles bajo condiciones experimentales controladas. En consecuencia, este proceso requiere un trabajo interdisciplinario coordinado entre especialistas de distintas áreas científicas (van Vliet, 2002).

Adicionalmente, es vital destacar que la caracterización de la parte física del alimento demanda aportes fisiológicos y físicos, en particular de la reología y del estudio de los mecanismos de fractura (Devezeaux de Lavergne et al., 2015, 2017). Sin embargo, a lo largo del proceso, los alimentos se deforman de manera distinta y a diferentes velocidades (van Vliet, 2002). En las fases iniciales predominan atributos como la dureza, firmeza, fracturabilidad y deformabilidad, mientras que hacia el final de la masticación adquieren mayor relevancia características como la adhesividad, cohesividad y cremosidad. Asimismo, los aspectos dinámicos de la percepción textural durante el consumo solo son considerados de forma integral en las evaluaciones sensoriales (Szczesniak, 2002; Fiszman y Tárrega, 2018).

Dentro de la textura se ubica su evaluación perceptiva, la misma que depende de sus características mecánicas y reológicas de los alimentos; conforme avanza la masticación y el tamaño de las partículas se reduce significativamente, el bolo adquiere un papel predominante en esta evaluación (Chen, 2014, 2015; Devezeaux de Lavergne et al., 2017). En este contexto, esta se rige por la reología del alimento y la tribología oral, los cuales pueden actuar de manera independiente o conjunta (Chen y Stokes,

2012). Por consiguiente, la integración de estas dos disciplinas representa un avance significativo para esta evaluación durante el consumo de alimentos (Laguna et al., 2017).

### **2.2.2. Mecanismos fisiológicos orales implicados en la percepción textual**

La fisiología oral se ocupa del estudio del comportamiento bucal y de las respuestas fisiológicas durante el acto de comer (Foegeding et al., 2011; Chen, 2014). Por su parte, la psicología sensorial ha ampliado su ámbito de investigación hacia la neurociencia, con el fin de examinar la actividad cerebral y las respuestas neurológicas frente a inputs sensoriales (Rolls, 2011).

La masticación cumple una función nuclear en la evaluación perceptiva de la textura y se modifica de manera continua a través de un bucle de retroalimentación sensorial (Brown et al., 1994). En este sentido, comprender su naturaleza y dinámica requiere conocimientos integrados sobre el comportamiento y la fisiología del procesado oral (Chen, 2009). Asimismo, los patrones de secreción salivar y masticadura se encuentran rigurosamente condicionados por las particularidades del alimento, aunque también están influenciados por la variabilidad interindividual (Engelen y van der Bilt, 2008; Woda et al., 2006).

Factores como el sexo, edad, raza y estado de salud inciden en la fisiología oral, lo que introduce una alta variabilidad en los procesos de masticación y obstaculiza la estandarización de la evaluación perceptiva de la textura (Chen, 2009). A lo largo del proceso masticatorio, el alimento experimenta una reducción progresiva del tamaño de partícula, mientras que la saliva contribuye a su humectación y aglutinación hasta formar un bolo apto para la deglución. En este proceso, los atributos del sistema oral ejercen una influencia significativa (van der Bilt et al., 2006).

Durante el consumo, numerosos receptores sensoriales ubicados en la cavidad oral y nasal responden a los estímulos generados por el alimento y supervisan el proceso desde el primer mordisco hasta la deglución, dando lugar a percibir el flavor y textura. En este contexto, resulta esencial comprender el control neuromuscular que regula tanto la masticación como la deglución. Cada secuencia masticatoria está compuesta por una sucesión de ciclos caracterizados por la apertura mandibular seguida del cierre correspondiente. La repetición regular de estos ciclos confiere al ritmo un papel central dentro del proceso masticatorio (Woda et al., 2006).

### **2.2.3. Influencia del bolo alimenticio en la percepción dinámica de la textura**

El bolo es la masa semisólida que se forma en la cavidad oral a partir del alimento masticado y mezclado con saliva. Su formación implica fragmentar las partículas, incorporando saliva y modificando las propiedades físicas del alimento, con el fin de obtener una consistencia cohesiva, lubricada y segura que permita su deglución (Bourne, 2002). En términos generales, a medida que avanza la masticación, el tamaño medio de las partículas del bolo disminuye, mientras que su número se incrementa. En este sentido, se ha observado que el tamaño del bolo será menor en productos duros y crujientes, como los frutos secos, y mayor en los más blandos, como el plátano (Jalabert-Malbos et al., 2007).

Por lo general, la secreción salivar se incrementa conforme se prolonga la masticación, sugiriendo la existencia de un nivel basal de humedad para garantizar una deglución funcional y sin riesgo. Asimismo, la saliva contribuye a la lubricación del bolo al reducir la fricción gracias a la acción de las proteínas salivares (Bongaerts et al., 2007). De forma complementaria, facilita la degradación estructural del alimento mediante procesos de disolución y rotura enzimática. A ello se suman fenómenos de licuefacción asociados a movimientos realizados por cambios de temperatura en la boca (Devezeaux de Lavergne et al., 2017).

En cuanto a las propiedades mecánicas del bolo, se encuentran la cohesividad y la adherencia, las cuales permiten una deglución segura. La primera describe la capacidad del bolo para mantenerse unido a lo largo de la masticación, mientras que la segunda se refiere a la tendencia del bolo a adherirse a las superficies orales (Koç et al., 2013). Empero, los valores óptimos de dichas propiedades no han sido completamente establecidos y, probablemente, el inicio de la deglución dependa de la interacción de múltiples factores físicos (Peyron et al., 2011).

De acuerdo con Chen (2009), la fluidez del bolo parece ser más relevante que el tamaño de las partículas durante el inicio de la deglución. En otras palabras, la magnitud y viscosidad del bolo influyen de manera significativa durante la deglución, lo que indica que ambos son factores determinantes que la facilitan (Takahashi et al., 2003). En este contexto, se ha señalado que los fluidos no newtonianos demandan más tiempo para ser deglutidos en comparación con los newtonianos y, además, resultan más seguros para personas con dificultades deglutorias (Meng et al., 2005).

### **2.2.4. La textura del alimento como componente sensorial dinámico**

La evaluación sensorial de la textura puede llevarse a cabo mediante diversas metodologías, siendo una de ellas el TPA, el cual organizó los atributos texturales en categorías mecánicas, geométricas y otras características relacionadas con la grasitud y humedad. Asimismo, permite evaluarlos mediante escalas de intensidad, considerando además el orden en que estos se manifiestan durante el consumo. Cabe señalar que esta metodología constituye el único método sensorial basado en escalas de intensidad diseñado exclusivamente para la evaluación de la textura (Szczesniak, 1963).

Como se ha señalado previamente, durante cada momento de la masticadura, los individuos ajustan de manera inconsciente su comportamiento oral en función de las propiedades del bolo que se va formando, considerando aspectos como el grado de fragmentación del alimento, la necesidad de insalivación y la morfología de las partículas, además de la estructura, nivel de lubricación y tiempo (Foegeding et al., 2015; Hutchings y Lillford, 1988). En consecuencia, los métodos sensoriales que incorporan el tiempo como variable de análisis mejoran la evaluación perceptiva de la textura (Fizman y Tárrega, 2018).

En este contexto, los métodos sensoriales de intensidad-tiempo (TI) permiten registrar de forma continua la intensidad de uno o, como máximo, dos atributos sensoriales durante el proceso oral. De manera complementaria, la metodología TDS constituye una técnica descriptiva en la que los evaluadores seleccionan, a lo largo del tiempo, las sensaciones que consideran dominantes a partir de una lista predefinida de atributos (Koç et al., 2013).

La principal ventaja del método TDS frente a los enfoques TI radica en su capacidad para analizar simultáneamente hasta diez atributos en una misma masticación. Asimismo, su carácter innovador reside en su capacidad para identificar los atributos que priman en cada momento de la masticación. Sin embargo, a pesar de sus ventajas, uno de sus principales inconvenientes es la necesidad de software especializado, además de ciertas limitaciones metodológicas señaladas por algunos analistas sensoriales (Devezeaux de Lavergne et al., 2017).

Finalmente, aunque la evaluación perceptiva de la textura cambia con el tiempo, es fundamental analizar cómo el alimento se rompe durante el consumo y comprender cómo la mente relaciona esos cambios con los estímulos sensoriales (Dijksterhuis y Piggott, 2000).

### 2.3 Bases filosóficas

Se sustenta en el racionalismo crítico de Popper (1959), donde el conocimiento avanza mediante la falsación sistemática de hipótesis comprobables, aplicando métodos cuantificables (reometría, texturometría y análisis sensorial estandarizado) para validar las relaciones entre propiedades físicas y percepción humana. Desde el positivismo lógico (Carnap, 1928), se traducen percepciones subjetivas ("cremosidad") en parámetros objetivos (viscosidad coeficiente de fricción), asegurando un lenguaje científico unificado y verificable. Ontológicamente, se adopta el materialismo emergentista (Bunge, 1974), analizando cómo las interacciones microestructurales (gelificación del almidón) determinan propiedades macroscópicas emergentes (textura, estabilidad). Éticamente, se rige por el principio de no maleficencia (Beauchamp & Childress, 1979), garantizando consentimiento informado y anonimato en pruebas sensoriales. Finalmente, el pragmatismo deweyano (1938) orienta la investigación hacia soluciones prácticas, buscando optimizar formulaciones para la industria y reducir el desperdicio alimentario, vinculando así rigor metodológico con impacto social tangible.

### 2.4 Definición de términos básicos

- **Reología:** Disciplina enfocada en el comportamiento deformacional y flujo de materiales bajo fuerzas aplicadas.
- **Textura:** Propiedad física de los alimentos percibida por el tacto (boca, manos), incluyendo dureza, viscosidad y elasticidad.
- **Viscosidad:** Resistencia de un fluido a fluir; medida en centipoise (cP) o Pascal-segundo (Pa·s).
- **Adhesividad:** Fuerza requerida para separar un material de una superficie; en natillas, se relaciona con su *pegajosidad*.
- **Sinéresis:** Liberación de líquido (suero) en geles o semisólidos debido a la contracción de la red estructural.
- **TDS:** Método sensorial que identifica atributos dominantes durante el consumo y su evolución temporal.
- **Creemosidad:** Atributo sensorial asociado a una textura suave, lubricante y homogénea en productos lácteos.
- **Gomosidad:** Sensación de elasticidad o masticabilidad excesiva en alimentos semisólidos.

- **Perfil Reológico:** Conjunto de parámetros (viscosidad, módulo elástico, etc.) que definen el comportamiento mecánico de un alimento.
- **Panel Sensorial:** Grupo de evaluadores entrenados para analizar características organolépticas de alimentos bajo protocolos estandarizados.

## 2.5 Hipótesis de investigación

### 2.5.1 Hipótesis general

La evaluación integrada de propiedades reológicas (viscosidad) y sensoriales dinámicas (TDS) en natillas comerciales a base de almidón permitirá identificar correlaciones significativas entre parámetros instrumentales y percepción de textura para lograr exhibir mayor aceptación.

### 2.5.2 Hipótesis específicas

- Las natillas con concentraciones de almidón presentarán parámetros reológicos de viscosidad aparente y firmeza, mostrando baja sinéresis.
- En el análisis TDS, las muestras con dominancia temporal de los atributos sensoriales evaluado lograran puntuaciones de aceptación mayores o iguales a 7 puntos.
- Existirá una correlación positiva entre la viscosidad instrumental y la intensidad sensorial percibida para mejorar la aceptabilidad de las natillas comerciales que predecirá positiva o negativamente la aparición de atributos positivos y defectos.

## 2.6 Operacionalización de las variables

**Tabla 1**

*Diseño de operacionalización de variables del estudio*

Variable	Dimensiones	Indicadores	Escala/Unidad	Instrumento/Método
<b>Independiente</b>				
Natillas comerciales a base de almidón	Propiedad textural y sensorial	Fuerza máxima	N (Newtons)	
<b>Dependiente</b>				

<b>Variable</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Escala/Unidad</b>	<b>Instrumento/Método</b>
<b>Viscosidad</b>	Propiedad reológica	Viscosidad aparente a 50 s <sup>-1</sup>	Pa.ns-1(Pascales por segundo)	Reómetro rotacional (ASTM D2196)
<b>Textura</b>	Propiedad mecánica	Fuerza máxima de penetración	N (Newtons)	Texturómetro (método de penetración)
<b>Fisicoquímico + Color</b>	Propiedad fisicoquímica y de color	Humedad, acidez y cielab*	% (Porcentaje)	Métodos según AOAC
<b>Sensorial – CATA + Aceptabilidad</b>	Preferencia del consumidor	Puntuación hedónica global	Escala de 9 puntos	Prueba afectiva con consumidores
<b>Sensorial - TDS</b>	Respuesta del consumidor	Tiempo de aparición en TDS (>20s)	Segundos (s)	Prueba afectiva con consumidores

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA

#### 3.1 Diseño metodológico

La presente investigación es de tipo aplicada, ya que busca generar conocimiento orientado a mejorar la calidad sensorial y físico-química de postres comerciales tipo natilla, con potencial uso en la industria alimentaria. El diseño es de tipo experimental y correlacional, dado que se realizarán mediciones instrumentales y sensoriales controladas sobre distintas muestras comerciales, y se buscará establecer relaciones estadísticas entre los parámetros físicos y la percepción del consumidor.

#### 3.2 Población y muestra

##### 3.2.1 Población

De acuerdo al análisis:

- a) **Población de productos.** Está compuesta por todos los postres tipo natilla comerciales elaborados a base de almidón disponibles en el mercado nacional (supermercados y tiendas especializadas), que cumplan con los criterios de etiquetado y formulación.
- b) **Población sensorial.** Está conformada por consumidores habituales de postres tipo natilla, mayores de 18 años, que residan en la ciudad donde se realizará el estudio y estén dispuestos a participar voluntariamente en pruebas sensoriales.

##### 3.2.2 Muestra

- a) **Muestra de productos.** Se seleccionó de forma intencional al menos cinco marcas comerciales de natillas a base de almidón, considerando las diferencias en la formulación (tipo de almidón, contenido de grasa, aditivos), representatividad en el mercado (productos líderes en ventas o de amplio consumo) y disponibilidad continua durante el periodo de recolección de datos. Estos productos fueron codificados para mantener el anonimato durante la evaluación sensorial: Marca A (T1), Marca B (T2), Marca C (T3), Marca D (T4) y Marca E (T5).
- b) **Muestra sensorial.** Se trabajó con una muestra no probabilística por conveniencia, integrada por 30 a 50 consumidores habituales de natillas, seleccionados bajo los siguientes criterios de inclusión: Tener entre 18 y 60 años de edad, consumir postres tipo natilla al menos una vez al mes, no presentar

alergias o intolerancias a ingredientes comunes en estos productos (almidón, leche, azúcar) y aceptar participar voluntariamente en la prueba sensorial. Antes de participar, los consumidores recibieron una breve explicación sobre la metodología TDS y un consentimiento informado.

### 3.3 Técnicas de recolección de datos

Se utilizó técnicas y métodos oficiales descritas para cada análisis, con el objeto de recabar información relacionada a las variables de estudio y para lograr una caracterización completa de la textura oral de las natillas comerciales a base de almidón, se empleó tanto técnicas instrumentales como metodologías sensoriales. Estas técnicas permitieron obtener datos cuantitativos y cualitativos que son la base para la evaluación integral del producto.

#### 3.3.1. Evaluación instrumental

La evaluación instrumental estuvo orientada a medir objetivamente las propiedades físico-químicas y texturales de las natillas, utilizando equipos especializados que simulan el comportamiento del producto en condiciones de consumo oral.

**a) Análisis de textura (Texturometría).** Se utilizó un texturómetro (por ejemplo, TA.XT Plus o equivalente) equipado con accesorios adecuados para productos semisólidos. Además, se aplicó la prueba de TPA, la cual consiste en realizar dos compresiones sucesivas a la muestra para simular la masticación oral.

Los parámetros que se analizaron fueron: a) Firmeza: valor máximo de fuerza requerido para inducir la deformación de la muestra; b) Cohesividad: competencia de la muestra para mantenerse unida; c) Adhesividad: fuerza necesaria para separar la muestra del equipo y d) Elasticidad o Resiliencia: competencia de la muestra para readquirir su forma después de la deformación.

Cada muestra fue analizada por triplicado para asegurar la repetibilidad de los resultados. Las pruebas se realizaron a temperatura controlada, simulando la temperatura de consumo.

**b) Ensayos reológicos.** Se utilizó un reómetro rotacional (como el Rheometer AR-G2 o similar) para evaluar el comportamiento viscoelástico y la respuesta

del gel de natilla ante diferentes esfuerzos y frecuencias. Se realizaron pruebas de barrido de frecuencia, para obtener los módulos de almacenamiento ( $G'$ ) y pérdida ( $G''$ ), que representan la elasticidad y viscosidad respectivamente. Se aplicaron pruebas de barrido de temperatura para observar cambios en las propiedades reológicas bajo condiciones térmicas similares a la ingesta y se determinó la viscosidad aparente y el comportamiento tixotrópico, lo que aporta información sobre la fluidez y estabilidad del producto en boca.

- c) **Análisis físico-químicos.** Medición del pH, humedad y grados brix de cada muestra, mediante un pH-metro calibrado, estufa y refractómetro para conocer como estos factores pueden afectar la percepción sensorial y la estabilidad.

### 3.3.2. Evaluación sensorial

Busca comprender cómo los consumidores perciben la textura oral de las natillas durante el consumo, capturando cambios temporales en las sensaciones.

- a) **Dominancia Temporal de Sensaciones (TDS).** Esta técnica permite registrar en tiempo real qué sensación es la más dominante en la boca mientras se consume la muestra. Los participantes indicaron en una interfaz electrónica (tablet o computadora con software especializado) qué atributo sensorial domina en cada momento de la degustación. Para ello, se reclutaron un panel de consumidores habituales de natillas (30-50 personas). Se realizó una sesión de capacitación previa para explicar el procedimiento, familiarizar a los participantes con los descriptores sensoriales y el uso del software. Se les capacitó para identificar y diferenciar atributos táctiles clave relacionados con la textura, tales como cremosidad, granulometría, pegajosidad, viscosidad percibida, entre otros.

Las pruebas se realizaron en cabinas individuales, con iluminación neutra y temperatura controlada para minimizar sesgos. Se presentaron las muestras codificadas con números aleatorios para evitar prejuicios. Los consumidores tomaron una cantidad estándar de producto (10 g) y se consumieron siguiendo indicaciones específicas (por ejemplo, mantener en boca, masticar o mezclar con saliva), mientras registran la dominancia

sensorial. Se dejó un tiempo de descanso entre muestras para evitar fatiga sensorial y se ofrecerá agua para limpiar el paladar.

### **3.4 Técnicas para el procesamiento de la información**

Se implementó un análisis de varianza unifactorial (ANOVA de una vía), complementado con la prueba de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) para comparar medias. La aceptabilidad se examinó mediante estadística descriptiva y análisis multivariado, incluyendo ANOVA y análisis de componentes principales. Los datos obtenidos mediante TDS se analizaron a través de curvas de dominancia y métricas temporales, como el área bajo la curva y los tiempos de reconocimiento. Asimismo, se emplearon correlaciones de Spearman y modelos de regresión para relacionar los parámetros fisicoquímicos con la percepción sensorial y la aceptabilidad global. Los análisis se efectuaron en el software estadístico R para Windows.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1 Análisis de resultados

##### 4.1.1 Mediciones instrumentales

##### 4.1.1.1 Propiedades reológicas

Los resultados de las propiedades reológicas, ajustadas al modelo de la ley de potencia ( $\sigma = k \cdot \gamma^n$ ), para las cinco formulaciones de natillas (T1 a T5) se presentan en la Tabla 2. El índice de comportamiento de flujo (n) y el índice de consistencia (k) mostraron variaciones significativas entre los tratamientos. El valor de n fue menor que 1 para todos los tratamientos, confirmando un comportamiento reológico pseudoplástico o de adelgazamiento por cizalla, típico de geles alimentarios como las natillas. Se observó una tendencia decreciente en el valor de n desde T1 (n = 0.0009) hasta T5 (n = 0.00035), siendo los valores de T4 y T5 estadísticamente los más bajos. Esto indica una mayor dependencia de la viscosidad con la tasa de cizalla en estas muestras.

**Tabla 2**

*Resultado de las propiedades reológicas de las distintas muestras (ajustadas al modelo de la ley de potencia:  $\sigma = k \cdot \gamma^n$ )*

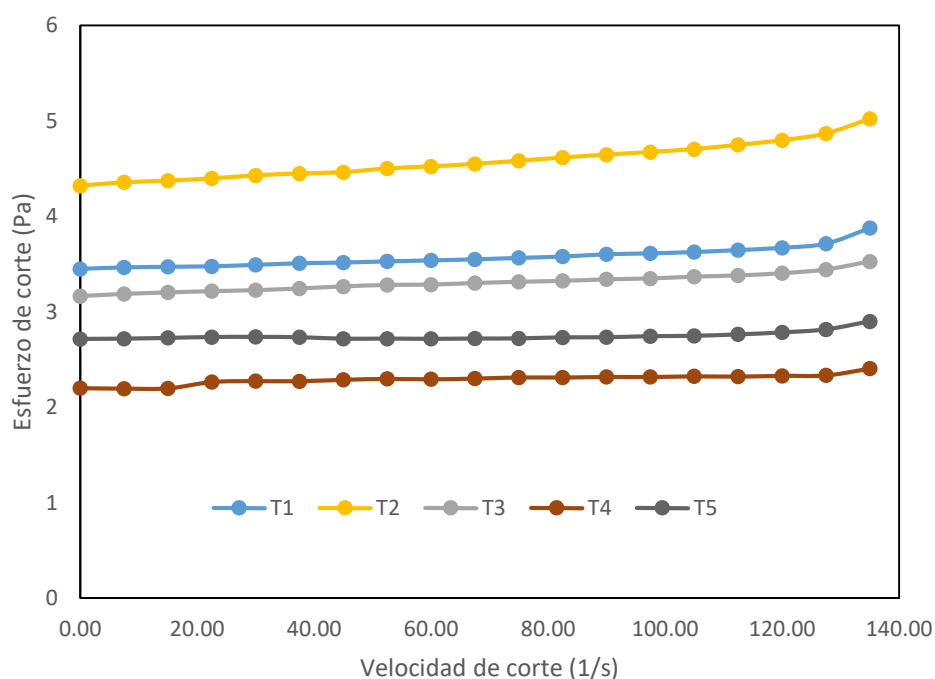
Tratamiento	n (índice de flujo)	K (Viscosidad aparente, Pa·s <sup>n</sup> )
T1	0.0009±0.000424 <sup>a</sup>	3.367±0.0764 <sup>a</sup>
T2	0.00075±0.000212 <sup>a</sup>	3.728±0.799 <sup>a</sup>
T3	0.0006±0.00001 <sup>a</sup>	3.799±0.438 <sup>a</sup>
T4	0.00035±0.000212 <sup>a</sup>	2.559±0.484 <sup>a</sup>
T5	0.00035±0.000071 <sup>a</sup>	2.365±0.469 <sup>a</sup>

\*Letras distintas indican diferencias significativas (95%)

Respecto al valor de  $k$ , que refleja la viscosidad aparente (Índice de consistencia) del sistema, los tratamientos T1, T2 y T3 presentaron los valores más altos y estadísticamente similares (entre 3.367 y 3.799 Pa·s<sup>n</sup>). Por el contrario, los tratamientos T4 y T5 mostraron una reducción marcada y significativa en el índice de consistencia, con valores de 2.559 y 2.365 Pa·s<sup>n</sup>, respectivamente. Esto sugiere una menor viscosidad global y una estructura de gel potencialmente más débil en estas dos formulaciones.

### Figura 1

*Curva de esfuerzo de corte respecto a la velocidad de corte de las diferentes natillas estudiadas*



#### 4.1.1.2 Propiedades de textura

El TPA instrumental para las cinco formulaciones de natillas (T1 a T5) figuran en la Tabla 3. Los parámetros evaluados de Dureza y Gomosidad mostraron diferencias significativas. Sin embargo, los parámetros de Resiliencia, Cohesividad y Elasticidad, no mostraron variaciones notables y distintivas entre los tratamientos.

La dureza (fuerza máxima requerida para la primera compresión) fue significativamente mayor en los tratamientos T2 (53.25 g) y T5 (49.35 g), seguidos por T1 (30.15 g). Los tratamientos T3 (18.5 g) y T4 (23.95 g) presentaron los valores de dureza más bajos. La resiliencia (capacidad de recuperarse elásticamente tras la primera compresión) fue generalmente baja en todas las muestras, con los valores más altos en T1 y T2 (0.09) y los

más bajos en T3 (0.055) y T5 (0.05). La Cohesividad (grado de integridad estructural durante la compresión) mostró su valor máximo en T3 (0.335) y su mínimo en T5 (0.16), siendo T1, T2 y T4 intermedios y similares entre sí.

En cuanto a la elasticidad (distancia de recuperación después de la primera compresión), los tratamientos T2, T4 y T5 presentaron los valores más altos (entre 5.17 y 5.46 mm), mientras que T1 y T3 mostraron menor elasticidad (alrededor de 4 mm). Finalmente, la gomosidad (producto de Dureza x Cohesividad) fue claramente mayor en T2 (13.8 g), seguido de T5 (7.8 g) y T1 (7.4 g). Los tratamientos T3 (5.8 g) y T4 (6.55 g) registraron la gomosidad instrumental más baja.

**Tabla 3**

*Propiedades de textura instrumental (TPA) de las distintas muestras*

<b>Tratamiento</b>	<b>Dureza (g)</b>	<b>Resiliencia</b>	<b>Cohesividad</b>	<b>Elasticidad (mm)</b>	<b>Gomosidad (g)</b>
T1	30.15±2.19 <sup>ab</sup>	0.09±0.0141 <sup>a</sup>	0.25±0.0424 <sup>a</sup>	4.025±0.021 <sup>a</sup>	7.4±0.707 <sup>ab</sup>
T2	53.25±9.4 <sup>a</sup>	0.09±0.0141 <sup>a</sup>	0.26±0.0283 <sup>a</sup>	5.46±1.56 <sup>a</sup>	13.8±3.96 <sup>a</sup>
T3	18.5±8.63 <sup>b</sup>	0.055±0.007 <sup>a</sup>	0.335±0.0919 <sup>a</sup>	4.395±0.361 <sup>a</sup>	5.8±1.273 <sup>b</sup>
T4	23.95±2.05 <sup>b</sup>	0.075±0.008 <sup>a</sup>	0.275±0.0077 <sup>a</sup>	5.21±1.63 <sup>a</sup>	6.55±0.35 <sup>ab</sup>
T5	49.35±4.74 <sup>a</sup>	0.05±0.001 <sup>a</sup>	0.16±0.0424 <sup>a</sup>	5.17±2.69 <sup>a</sup>	7.8±1.131 <sup>ab</sup>

\*Letras distintas indican diferencias significativas (95%)

#### **4.1.1.3 Parámetros fisicoquímicos**

En la Tabla 4 figuran las diferencias significativas atribuibles a las modificaciones en la formulación. El contenido de sólidos solubles (°Brix) varió ampliamente, desde 12.1 en T5 hasta 21.15 en T4. Los tratamientos T3 y T4 presentaron los valores más altos y estadísticamente similares (20.65 y 21.15 °Brix, respectivamente), seguidos por T1 (18.45 °Brix). Los tratamientos T2 (13.75 °Brix) y T5 (12.1 °Brix) mostraron los contenidos de sólidos solubles significativamente más bajos.

El pH de las muestras fue relativamente estable y cercano a la neutralidad, con valores que oscilaron entre 6.53 (T3) y 6.795 (T2). Los tratamientos T2 y T4 presentaron los valores de pH más altos, mientras que T3 mostró el valor más bajo. El porcentaje de acidez titulable mostró una tendencia inversa a la observada en °Brix. El tratamiento T1 presentó la

acidez significativamente más alta (0.304%), seguido por T3 (0.291%). Los tratamientos T2, T4 y T5 mostraron las acideces más bajas y estadísticamente similares, con T5 registrando el valor mínimo (0.275%). Por otro lado, el porcentaje de humedad mostró una variación clara. El tratamiento T5 presentó un contenido de humedad significativamente mayor (84.46%) que todos los demás. Los tratamientos T2 y T3 tuvieron humedades intermedias y similares (~80.1-80.2%), mientras que T1 y T4 mostraron los valores más bajos (~79.4-79.6%).

**Tabla 4**

*Parámetros fisicoquímicos de las distintas muestras*

Tratamiento	Brix	pH	Acidez (%)	Humedad (%)
T1	18.45±0.636 <sup>b</sup>	6.68±0.0707 <sup>ab</sup>	0.30402±0.00191 <sup>a</sup>	79.363±0.0607 <sup>c</sup>
T2	13.75±0.0707 <sup>c</sup>	6.795±0.0636 <sup>a</sup>	0.2833±0.00318 <sup>bc</sup>	80.239±0.0302 <sup>b</sup>
T3	20.65±0.354 <sup>a</sup>	6.53±0.0424 <sup>b</sup>	0.29141±0.00191 <sup>b</sup>	80.095±0.0331 <sup>b</sup>
T4	21.15±0.0707 <sup>a</sup>	6.765±0.0495 <sup>a</sup>	0.28105±0.00127 <sup>c</sup>	79.591±0.118 <sup>c</sup>
T5	12.1±0.566 <sup>c</sup>	6.615±0.0354 <sup>ab</sup>	0.27474±0.00255 <sup>c</sup>	84.464±0.223 <sup>a</sup>

\*Letras distintas indican diferencias significativas (95%)

#### 4.1.1.4 Propiedades colorimétricas

Las propiedades colorimétricas de las cinco formulaciones de natillas (T1 a T5), evaluadas en el espacio de color CIE L\*a\*b\*, muestran diferencias visualmente notables y estadísticamente significativas, como se detalla en la Tabla 5. El parámetro de luminosidad (L\*) varió desde un valor muy bajo de 22.16 en T2 hasta valores más altos y similares en T1 (41.48) y T5 (42.01), siendo este último el más claro. Los tratamientos T3 (35.38) y T4 (32.49) presentaron luminosidades intermedias. Las coordenadas de croma mostraron una gran dispersión. El parámetro a\* (verde-rojo) presentó valores positivos para todos los tratamientos, indicando una tendencia hacia el rojo. El tratamiento T2 mostró un valor excepcionalmente alto (16.53), seguido de T1 (10.33) y T5 (9.47). Los tratamientos T3 (4.045) y T4 (5.33) presentaron los valores de a\* más bajos. En el eje b\* (azul-amarillo), también todos los valores fueron positivos, indicando una tendencia al amarillo. T1 destacó con el valor más alto (18.115), mientras que T2 presentó un valor cercano a cero (0.055), prácticamente neutro en este eje.

La cromaticidad o saturación ( $C^*$ ) fue más alta en T1 (20.855) y más baja en T4 (9.585), reflejando la intensidad del color. El ángulo de tono ( $h^*$ ) mostró la variación más drástica. T2 presentó un ángulo de  $179.84^\circ$ , ubicándose en la región verde-amarilla (cercano a  $180^\circ$ ), mientras que T5 mostró el ángulo más bajo ( $48.85^\circ$ ), correspondiente a un tono rojizo-anaranjado. Los demás tratamientos se ubicaron en la región amarillo-anaranjada (entre  $56^\circ$  y  $68^\circ$ ).

**Tabla 5**

**Propiedades colorimétricas (espacio CIE  $L^*a^*b^*$ ) de las distintas muestras**

Tratamiento	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C^*$	$h^*$
T1	41.48±0.424 <sup>ab</sup>	10.33±0.523 <sup>a</sup>	18.115±0.403 <sup>a</sup>	20.855±0.092 <sup>a</sup>	60.3±1.78 <sup>bc</sup>
T2	22.16±2.03 <sup>c</sup>	16.53±0.537 <sup>c</sup>	0.055±0.488 <sup>d</sup>	16.535±0.53 <sup>b</sup>	179.84±1.67 <sup>a</sup>
T3	35.38±4.41 <sup>ab</sup>	4.045±0.841 <sup>b</sup>	10.065±0.022 <sup>b</sup>	10.86±0.339 <sup>d</sup>	68.16±4.09 <sup>b</sup>
T4	32.49±1.287 <sup>b</sup>	5.33±0.396 <sup>b</sup>	7.965±0.1344 <sup>c</sup>	9.585±0.332 <sup>d</sup>	56.26±1.54 <sup>cd</sup>
T5	42.01±0.453 <sup>a</sup>	9.47±0.269 <sup>a</sup>	10.835±0.233 <sup>b</sup>	14.395±0.007 <sup>c</sup>	48.85±1.41 <sup>d</sup>

\*Letras distintas indican diferencias significativas (95%)

#### 4.1.2 Evaluación sensorial

##### 4.1.2.1 CATA

El análisis de los atributos sensoriales mediante el método CATA (Check-All-That-Apply) reveló diferencias significativas para 12 de los 21 atributos evaluados en las cinco formulaciones de natillas (T1 a T5), como se detalla en la Tabla 6. Los atributos que mostraron diferencias significativas ( $p$ -valor  $< 0.05$ ) fueron: Dulce Bajo, Granulado, Sabor Intenso a Chocolate, Sabor a Vainilla, Marrón, Cremoso, Agradable, Espeso, Insípido, Homogéneo, Muy Dulce, Olor a Chocolate, Amargo y Grasoso. El perfil del tratamiento T5 se destacó negativamente: fue el más frecuentemente asociado con Dulce Bajo (0.529), Insípido (0.286) y Grasoso (0.229), y el menos asociado con Cremoso (0.243), Marrón (0.257) y Olor a Chocolate (0.200). Por el contrario, fue el más asociado con Sabor a Vainilla (0.286).

Los tratamientos T1, T2 y T4 fueron percibidos de manera similar y positiva: se asociaron significativamente más con Cremoso, Marrón, Olor a Chocolate y Sabor Intenso a Chocolate. T1 también destacó por la percepción de Agradable. El tratamiento T3 presentó

un perfil mixto: fue el menos asociado con Dulce Bajo (0.229) y el más asociado con Muy Dulce (0.200) y Homogéneo (0.300), pero también fue percibido como el más Granulado (0.271). Los atributos Sabor Desagradable, Suave, Dulce Medio, Sabor a Leche, Sabor Bajo a Chocolate, Ácido y Masticable no mostraron diferencias significativas entre tratamientos ( $p$ -valor  $> 0.05$ ).

El análisis de correspondencias aplicado a los datos sensoriales CATA reveló una clara estructuración de los productos en un espacio bidimensional que explica el 82.92% de la varianza total (Figura 2). La primera dimensión (F1, 58.62%) discriminó principalmente entre el tratamiento T5, asociado a atributos negativos como dulce bajo, insípido y grasoso, y los tratamientos T3 y T4, vinculados a características como Muy Dulce, Cremoso y Agradable. La segunda dimensión (F2, 24.29%) separó al tratamiento T2, caracterizado por sabor intenso chocolate, olor a chocolate y amargo, del resto de las muestras. Los tratamientos T1 y T4 se ubicaron en posiciones intermedias, asociados a atributos como cremoso y dulce medio, mientras que T3 mostró una asociación única con granulado y homogéneo. Esta distribución espacial evidencia perfiles sensoriales claramente diferenciados y grupos naturales de atributos que describen la percepción global de cada formulación.

**Tabla 6**

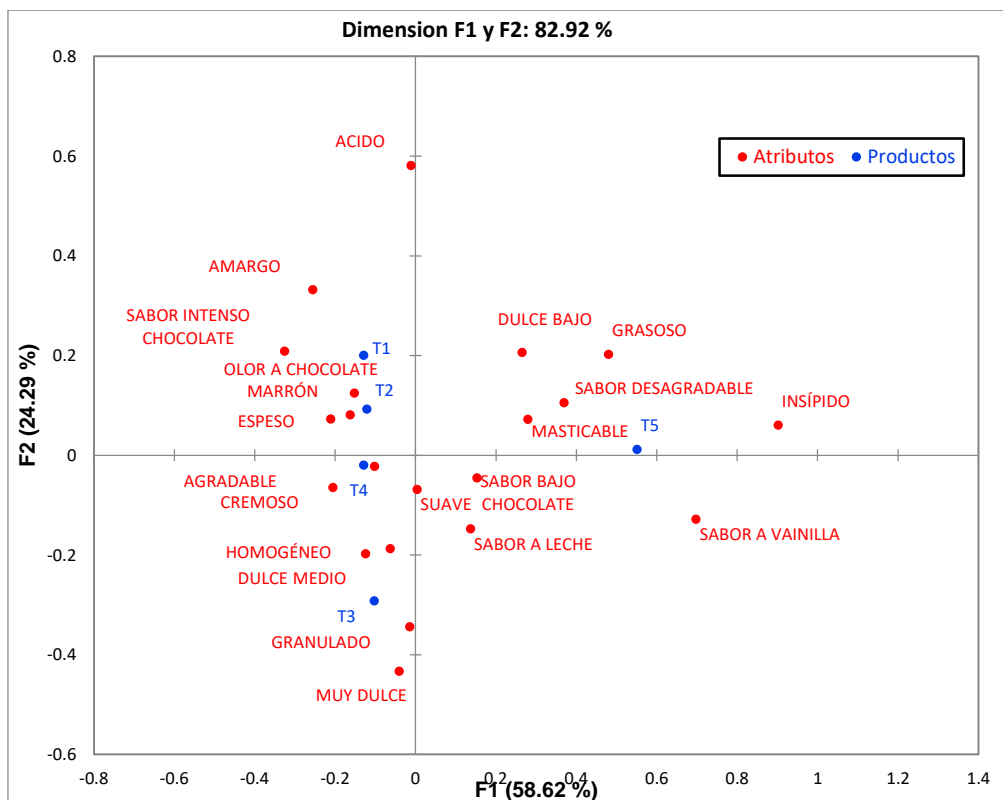
*Frecuencia de selección de atributos CATA para las distintas muestras*

Atributos	valores-p	T1	T2	T3	T4	T5
Dulce Bajo	0.000	0.471 (bc)	0.386 (abc)	0.229 (a)	0.257 (ab)	0.529 (c)
Sabor Desagradable	0.179	0.057 (a)	0.100 (a)	0.043 (a)	0.100 (a)	0.143 (a)
Suave	0.278	0.414 (a)	0.429 (a)	0.486 (a)	0.557 (a)	0.414 (a)
Granulado	0.000	0.071 (a)	0.229 (ab)	0.271 (b)	0.071 (a)	0.129 (ab)
Sabor Intenso Chocolate	0.000	0.343 (b)	0.371 (b)	0.186 (ab)	0.286 (b)	0.071 (a)
Sabor a Vainilla	0.000	0.086 (a)	0.057 (a)	0.129 (ab)	0.086 (ab)	0.286 (b)
Marrón	0.000	0.500 (b)	0.571 (b)	0.400 (ab)	0.457 (ab)	0.257 (a)

Atributos	valores-p	T1	T2	T3	T4	T5
Cremoso	0.000	0.557 (b)	0.500 (b)	0.600 (b)	0.543 (b)	0.243 (a)
Agradable	0.013	0.529 (b)	0.443 (a)	0.514 (b)	0.371 (a)	0.300 (a)
Dulce Medio	0.129	0.229 (a)	0.257 (a)	0.371 (a)	0.329 (a)	0.214 (a)
Espeso	0.001	0.243 (ab)	0.414 (b)	0.229 (ab)	0.286 (ab)	0.129 (a)
Insípido	0.000	0.057 (a)	0.057 (a)	0.043 (a)	0.100 (ab)	0.286 (b)
Homogéneo	0.030	0.200 (a)	0.171 (a)	0.300 (b)	0.286 (a)	0.143 (a)
Sabor a Leche	0.322	0.171 (a)	0.229 (a)	0.286 (a)	0.271 (a)	0.286 (a)
Muy Dulce	0.043	0.071 (a)	0.071 (a)	0.200 (b)	0.114 (a)	0.086 (a)
Olor a Chocolate	0.002	0.443 (b)	0.400 (ab)	0.300 (ab)	0.300 (ab)	0.200 (a)
Sabor Bajo Chocolate	0.759	0.229 (a)	0.271 (a)	0.271 (a)	0.243 (a)	0.314 (a)
Amargo	0.001	0.229 (b)	0.114 (a)	0.057 (a)	0.200 (b)	0.057 (a)
Grasoso	0.001	0.129 (ab)	0.157 (ab)	0.071 (ab)	0.043 (a)	0.229 (b)
Acido	0.355	0.057 (a)	0.043 (a)	0 (a)	0.029 (a)	0.029 (a)
Masticable	0.384	0.100 (a)	0.114 (a)	0.086 (a)	0.057 (a)	0.143 (a)

**Figura 2**

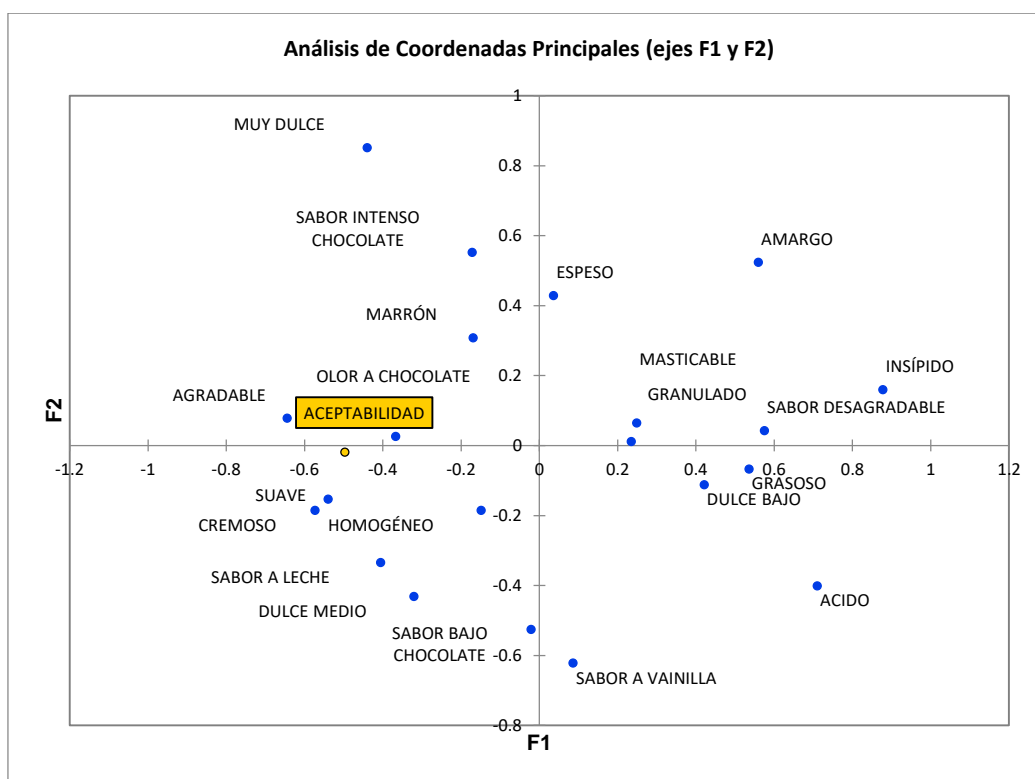
*Análisis de correspondencia de las diferentes natillas estudiadas*



La Figura 3 expone el análisis de coordenadas principales aplicado a los datos sensoriales en función de la aceptabilidad mostró que los dos primeros ejes principales (F1 y F2) agruparon los atributos sensoriales en tres conglomerados claramente diferenciados. El primer grupo, ubicado en el cuadrante superior derecho, asoció positivamente los atributos Muy Dulce, Sabor Intenso Chocolate, Marrón, Olor a Chocolate con la Aceptabilidad general del producto. Un segundo grupo, en el cuadrante superior izquierdo, agrupó atributos neutros a positivos como Suave, Cremoso, Homogéneo, Sabor a Leche y Dulce Medio. Finalmente, un tercer grupo en el cuadrante inferior central y derecho concentró los atributos de connotación negativa: Amargo, Espeso, Masticable, Insípido, Granulado, Sabor Desagradable, Grasoso, Dulce Bajo, Ácido y Sabor a Vainilla. Esta configuración espacial indica que la aceptabilidad del producto está fuertemente impulsada por la percepción de un intenso sabor a chocolate y un alto nivel de dulzor, mientras que los atributos relacionados con defectos de textura o falta de sabor se alejan del vector de aceptación.

### Figura 3

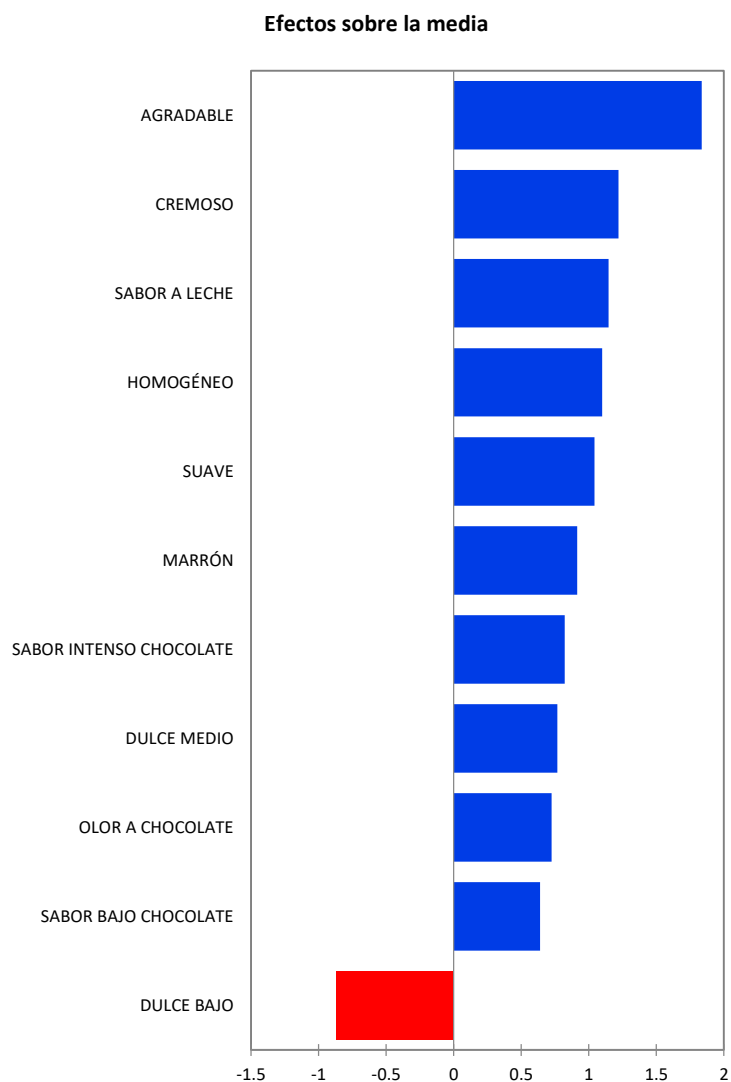
*Resultados de los atributos asociados a la aceptabilidad mediante análisis de componentes principales de las diferentes natillas estudiadas*



La Figura 4 presenta el análisis del efecto sobre la media de aceptabilidad reveló que los atributos sensoriales ejercen una influencia diferenciada en la valoración global del producto. Los atributos agradable, cremoso, sabor a leche, homogéneo, suave, sabor intenso, chocolate, dulce medio, olor a chocolate, sabor bajo chocolate y marrón mostraron un efecto positivo y significativo sobre la aceptabilidad media, incrementando su puntuación cuando estaban presentes. Por el contrario, el atributo Dulce Bajo, presentó un efecto negativo sobre la media de aceptabilidad, indicando que su presencia o identificación por parte de los consumidores estaba asociada a una menor valoración global del producto.

#### **Figura 4**

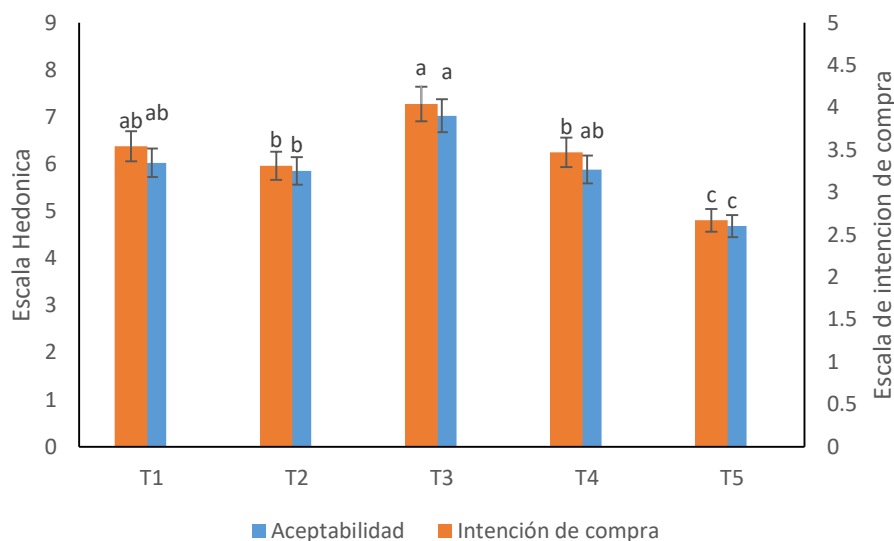
*Efecto sobre la media de aceptabilidad de los atributos sobre las diferentes natillas estudiadas*



La Figura 5 expone la evaluación hedónica, que midió la aceptación global y la predisposición de compra de los cinco tratamientos de natillas. Se observaron diferencias marcadas en la valoración de los productos por parte de los consumidores. El tratamiento T3 obtuvo las puntuaciones más altas tanto en aceptabilidad como en intención de compra, posicionándose como el producto claramente preferido. Los tratamientos T1 y T4 registraron valores intermedios y similares entre sí, mostrando una aceptación moderada. El tratamiento T2 presentó una valoración ligeramente inferior a los anteriores. De manera consistente con todos los análisis previos, el tratamiento T5 obtuvo las puntuaciones significativamente más bajas en ambas escalas.

**Figura 5**

*Aceptabilidad e intención de compra de las diferentes muestras estudiadas*

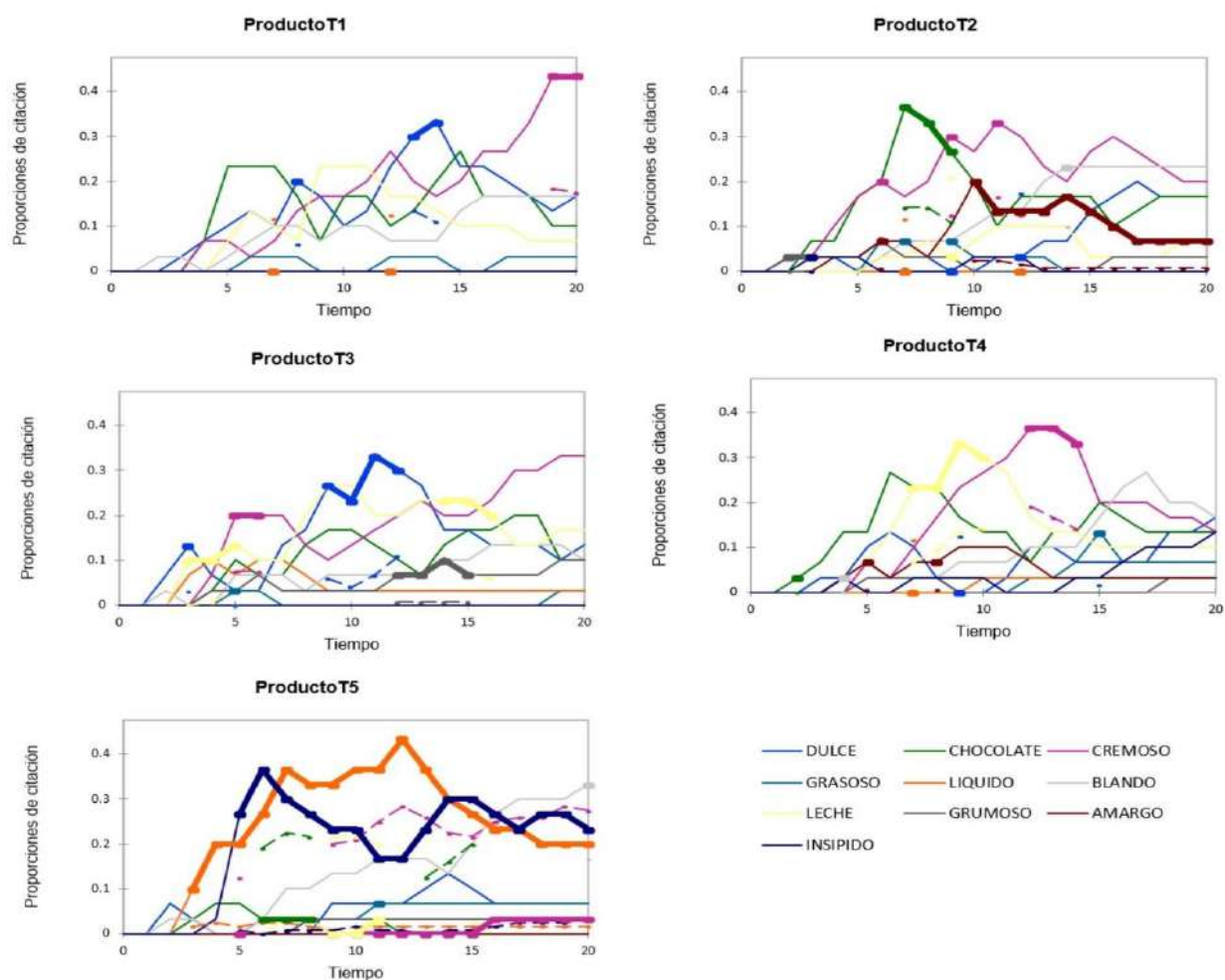


#### 4.1.2.2 Dominancia Temporal de Sensaciones (TDS)

En la Figura 6, el TDS reveló dinámicas de percepción marcadamente diferentes entre las cinco formulaciones de natillas. Para los productos T1, T2 y T4, la sensación de dulce fue la dominante desde el inicio de la evaluación (0-3 segundos), manteniendo una alta proporción de citación durante los primeros 10 segundos, momento en el cual el atributo chocolate emergió como co-dominante o incluso superó en dominancia. La sensación cremosa mostró un perfil sostenido, aumentando gradualmente su presencia a lo largo del tiempo para convertirse en una sensación dominante en la fase media-final (aproximadamente de 10 a 15 segundos). En contraste, el producto T3 mostró una trayectoria atípica donde cremoso fue una sensación inicialmente muy dominante, superando incluso a dulce en los primeros instantes, y donde chocolate tuvo una presencia más débil y tardía. El producto T5 presentó el perfil más deficiente, con una dominancia inicial baja y plana para dulce, una presencia casi testimonial de chocolate y la emergencia temprana y sostenida de atributos negativos como grasoso e insípido, los cuales se volvieron dominantes a partir de los 7-10 segundos, eclipsando cualquier sensación positiva.

**Figura 6**

*Análisis de las curvas de dominancia temporal de sensaciones de las diferentes natillas estudiadas*



#### 4.1.3 Análisis de correlación de los datos instrumentales y sensoriales

El análisis de correlación de Spearman entre los parámetros instrumentales (reológicos, texturales TPA y fisicoquímicos) y los atributos sensoriales de mayor relevancia (principalmente de la prueba CATA y la aceptabilidad global) reveló asociaciones estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ) y de moderadas a altas, tal como se presenta en la Tabla 7.

**Tabla 7**

*Coefficientes de correlación de Spearman (r) entre parámetros instrumentales clave y atributos sensoriales significativos*

Parámetro Instrumental	Atributo Sensorial	Coefficiente (r)	Significancia (p)
Fisicoquímicos			
°Brix	Muy Dulce	0.89	< 0.01
°Brix	Dulce Bajo	-0.92	< 0.01

% Humedad	Insípido	0.87	< 0.01
% Humedad	Cre moso	-0.88	< 0.01
<hr/>			
Reológicos			
Índice Consistencia (k)	Cre moso	0.82	< 0.01
Índice Consistencia (k)	Agradable	0.75	< 0.05
<hr/>			
Texturales (TPA)			
Cohesividad	Cre moso	0.79	< 0.05
Cohesividad	Agradable	0.71	< 0.05
Dureza	Grasoso	0.78	< 0.05
Dureza	Insípido	0.72	< 0.05
<hr/>			
Sensorial			
Aceptabilidad Global	°Brix	0.9	< 0.01
Aceptabilidad Global	% Humedad	-0.91	< 0.01
Aceptabilidad Global	Cre moso (sensorial)	0.86	< 0.01
Aceptabilidad Global	Dulce Bajo (sensorial)	-0.88	< 0.01

Los parámetros fisicoquímicos mostraron las correlaciones más fuertes y lógicas con la percepción. El contenido de sólidos solubles (°Brix) se correlacionó positivamente con la percepción de muy dulce ( $r = 0.89$ ) y negativamente con dulce bajo ( $r = -0.92$ ). de manera inversa, el porcentaje de humedad presentó una correlación positiva fuerte con los atributos negativos insípido ( $r = 0.87$ ) y dulce bajo ( $r = 0.85$ ), y negativa con cremoso ( $r = -0.88$ ).

Desde el punto de vista reológico y textural, el índice de consistencia (k) y la cohesividad (TPA) se correlacionaron positivamente con los atributos positivos cremoso ( $r = 0.82$  y  $r = 0.79$ , respectivamente) y agradable ( $r = 0.75$  y  $r = 0.71$ ). por el contrario, la dureza (TPA) mostró una correlación positiva significativa con los atributos negativos grasoso ( $r = 0.78$ ) e insípido ( $r = 0.72$ ). finalmente, la aceptabilidad global mostró correlaciones positivas altas con °brix ( $r = 0.90$ ) y cremoso como atributo sensorial ( $r = 0.86$ ), y correlaciones negativas marcadas con humedad (%) ( $r = -0.91$ ) y dulce bajo ( $r = -0.88$ ).

## **4.2 Contrastación de hipótesis**

### **4.2.1 Contrastación con respecto a la hipótesis específica: Propiedades reológicas y texturales**

Para la contrastación de hipótesis relacionadas con las propiedades reológicas, texturales y fisicoquímicas, se verificaron previamente los supuestos de normalidad por medio de Kolmogorov-Smirnov y de homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Bartlett. En la Tabla 8 se expone que los datos cumplen ambos supuestos, lo que permitió la aplicación del análisis de varianza. El ANOVA evidenció diferencias estadísticamente significativas entre las muestras ( $p < 0,05$ ) en las variables °Brix, pH, acidez, humedad, dureza, resiliencia, cohesividad, elasticidad y gomosidad, por lo que se aceptó la hipótesis alterna y se rechazó la hipótesis nula para estos parámetros. En consecuencia, se concluye que las muestras difieren en función de sus propiedades fisicoquímicas y texturales. En contraste, las propiedades reológicas correspondientes al índice de flujo y al índice de consistencia no mostraron diferencias significativas entre las muestras.



#### 4.2.2 Contrastación con respecto a la hipótesis específica: Percepción sensorial

En la Tabla 9 se muestran los resultados del análisis sensorial obtenidos mediante los métodos CATA y TDS. Dado que se trabajó con datos no paramétricos se aplicó la prueba de chi-cuadrado. Los resultados evidenciaron significancia estadística en ambos métodos. En consecuencia, se infirió que las muestras evaluadas influyen de manera significativa en la percepción sensorial de los consumidores según los enfoques CATA y TDS.

**Tabla 9**

*Análisis de la percepción sensorial*

	CATA	TDS
Chi-cuadrado (Valor observado)	198.631	680.461
Prueba de independencia entre las filas y columnas:	101.879	525.312
GL	80	138
valor-p	< 0.0001	<0.0001
Alfa	0.05	0.05

#### 4.2.3 Contrastación con respecto a la hipótesis específica: Correlación instrumental y sensorial

En la Tabla 10, se muestran el análisis de correlación de Spearman permitió contrastar de manera concluyente la hipótesis central de que los parámetros instrumentales predicen la percepción sensorial y la aceptabilidad. Se rechazó la hipótesis nula ( $H_0$ ) de no asociación y se aceptó la hipótesis alterna ( $H_1$ ), al encontrarse múltiples correlaciones fuertes, significativas y con sentido físico-químico. La interpretación de los coeficientes ( $r$ ) indica la naturaleza y fuerza de estas relaciones predictivas. Los valores de °Brix mostraron una asociación positiva casi perfecta con la percepción de dulzor intenso ( $r=0.89$ ) y una negativa igualmente fuerte con la percepción de falta de dulzor ( $r=-0.92$ ), confirmando que es el principal driver instrumental del sabor dulce. De manera inversa y complementaria, el porcentaje de humedad demostró ser un potente predictor de defectos, correlacionándose positivamente con "Insípido" ( $r=0.87$ ) y negativamente con cremoso ( $r=-0.88$ ), lo que valida que una matriz diluida compromete simultáneamente el sabor y la textura. En el ámbito textural, el índice de consistencia reológica ( $k$ ) y la cohesividad se confirmaron como predictores robustos de la cremosidad percibida ( $r=0.82$  y  $r=0.79$ , respectivamente) y de la

agradabilidad general. Por el contrario, la dureza instrumental se asoció significativamente con percepciones negativas como Grasoso ( $r=0.78$ ). Finalmente, la aceptabilidad global mostró correlaciones extremadamente fuertes, positivas con el °Brix ( $r=0.90$ ) y negativas con la humedad ( $r=-0.91$ ), estableciendo que estos dos parámetros fisicoquímicos son los predictores instrumentales más poderosos y directos de la preferencia final del consumidor.

**Tabla 10**

*Correlación de los parámetros instrumentales y sensoriales*

<b>Parámetro Instrumental</b>	<b>Atributo Sensorial</b>	<b>P-valor</b>
<b>Fisicoquímicos</b>		
°Brix	Muy Dulce	< 0.01
°Brix	Dulce Bajo	< 0.01
% Humedad	Insípido	< 0.01
% Humedad	Cre moso	< 0.01
<b>Reológicos</b>		
Índice Consistencia (k)	Cre moso	< 0.01
Índice Consistencia (k)	Agradable	< 0.05
<b>Texturales (TPA)</b>		
Cohesividad	Cre moso	< 0.05
Cohesividad	Agradable	< 0.05
Dureza	Grasoso	< 0.05
Dureza	Insípido	< 0.05
<b>Sensorial</b>		
Aceptabilidad Global	°Brix	< 0.01
Aceptabilidad Global	% Humedad	< 0.01
Aceptabilidad Global	Cre moso (sensorial)	< 0.01
Aceptabilidad Global	Dulce Bajo (sensorial)	< 0.01

## CAPÍTULO V

### DISCUSIÓN

#### 5.1 Discusión de resultados

##### 5.1.1 Parámetros instrumentales

###### 5.1.1.1 Reológicos

Los parámetros reológicos obtenidos proporcionan una base instrumental cuantitativa para comprender las diferencias estructurales entre las natillas formuladas. El comportamiento pseudoplástico general ( $n < 1$ ) es esperable y deseable en este tipo de productos, ya que permite una fácil fluencia durante la agitación o el consumo, mientras mantiene la forma en el envase (Stokes, 2012).

La marcada reducción en el índice de consistencia ( $k$ ) observada en los tratamientos T4 y T5 es el hallazgo más relevante. Este se vincula directamente con la fuerza de la matriz del gel. La disminución en  $k$  sugiere una estructura de gel menos rígida o una red de almidón menos desarrollada en estas muestras. Esto podría deberse a varias causas formuladas durante el diseño experimental: 1) una reducción en la concentración total de sólidos o del propio almidón, 2) el uso de un tipo de almidón con menor poder gelificante, o 3) la interacción competitiva de otros ingredientes (como edulcorantes o fibra en una formulación "light") limitan la formación de una red tridimensional fuerte (Aguirre-Cruz et al., 2018). La consistencia ( $k$ ) es un predictor instrumental clave de atributos sensoriales como la firmeza y la densidad percibida en boca.

Por otro lado, la tendencia a la baja en el índice  $n$  (mayor pseudoplasticidad) desde T1 hasta T5, aunque con superposición estadística en algunos casos, puede estar asociada a variaciones en la distribución granulométrica o en las interacciones entre los componentes del sistema. Una mayor pseudoplasticidad ( $n$  más bajo) suele correlacionarse con una percepción de mayor fluidez en boca y una ruptura más fácil de la estructura al ser comprimida por la lengua contra el paladar. Sin embargo, es crucial interpretar este parámetro en conjunto con  $k$ . Por ejemplo, T5 combina el  $n$  más bajo con el  $k$  más bajo, lo que podría predecir un natilla muy fluida y de cuerpo ligero, posiblemente percibida como "aguada" o "poco consistente". En contraste, T3, con un  $n$  bajo pero un  $k$  alto, podría asociarse a un producto firme pero que se deshace suavemente y fluye fácilmente una vez en la boca, un perfil textural a menudo considerado óptimo (Janhoj et al., 2008). La relación entre  $n$  y  $k$  permite una caracterización más completa del comportamiento mecánico,

sirviendo como un mapa instrumental para predecir, junto con el análisis sensorial, la experiencia oral compleja.

### 5.1.1.2 Textura

Los resultados del TPA instrumental presenta perfiles mecánicos complejos y diferenciados que explican, a través de la física de alimentos y las sensaciones táctiles que se podrían percibir al consumir estas natillas. La correlación entre estos parámetros y la percepción sensorial es fundamental para dicha interpretación (Szczeniak, 2002).

La dureza de T2 y T5, indica que estos productos requieren una mayor fuerza inicial para penetrarlos con la cuchara o el paladar. Sin embargo, el destino de esa estructura una vez comprometida es radicalmente diferente. Mientras T2 combina alta dureza con una cohesividad y resiliencia medias-altas, dando como resultado una gomosidad muy elevada (13.8 g), T5 presenta la cohesividad más baja de todas las muestras (0.16). Esto indica que, aunque T5 es inicialmente firme (duro), su estructura se desintegra o fractura fácilmente sin formar una masa cohesiva durante la masticación. Sensorialmente, T2 podría percibirse como "firme", "consistente" y potencialmente "gomoso" o pastoso, mientras que T5 podría describirse como "firme pero quebradizo" o "arenoso", con una desintegración rápida y poco plástica (Foegeding et al., 2011).

En el otro extremo, T3 destaca por presentar el perfil más blando (baja dureza) pero con la cohesividad más alta (0.335). Esta combinación resulta en la gomosidad instrumental más baja (5.8 g). Este perfil es característico de geles que son suaves, fáciles de deformar y que mantienen bien su integridad al ser comprimidos, deshaciéndose de manera uniforme. Es el perfil que a menudo se asocia con una textura "sedosa" o "finamente cremosa" en productos lácteos. T1 y T4 presentan perfiles intermedios, con T1 mostrando un equilibrio moderado en todos los parámetros y T4 una combinación de dureza media-baja, cohesividad media y elasticidad alta, sugiriendo un natilla suave, pero con cierta capacidad de recuperación.

La elasticidad alta en T2, T4 y T5 sugiere una estructura con cierta memoria elástica, que tiende a recuperar parcialmente su forma tras la compresión. En boca, esto podría traducirse en una sensación de "rebote" o cuerpo elástico, a diferencia de la sensación más plástica y de colapso permanente de T1 y T3. La resiliencia extremadamente baja en todas las muestras es típica de geles de almidón, que son predominantemente viscosos (disipan energía) más que elásticos (la recuperan).

Estos datos instrumentales del TPA, cruzados con los resultados reológicos, permiten una caracterización multidimensional. Por ejemplo, T5 (bajo k reológico, alta dureza TPA, baja cohesividad) confirma una estructura débil pero quebradiza, posiblemente por una red de almidón desarticulada o con partículas grandes. T3 (alto k reológico, baja dureza TPA, alta cohesividad) define un gel fuerte pero blando y muy cohesivo, posiblemente de una red fina y uniforme.

### 5.1.1.3 Físicoquímicos

Los parámetros físicoquímicos permiten comprender las interacciones entre los componentes y su influencia potencial en las propiedades reológicas y de textura previamente descritas.

La variación en °Brix refleja directamente las diferencias en la concentración total de azúcares y otros sólidos solubles. Los altos valores en T3 y T4 (superiores a 20 °Brix) indican una formulación con mayor contenido de sacarosa u otros edulcorantes sólidos. Por el contrario, los bajos °Brix en T2 y, especialmente, en T5 (12.1 °Brix) sugieren una formulación con menor contenido de azúcares. La sacarosa no solo es un edulcorante, sino también un modificador de textura que, a altas concentraciones, compite por el agua con el almidón, limitando su hinchamiento y produciendo geles más fuertes y rígidos (Cameron et al., 2021). Esto podría explicar, en parte, la consistencia reológica (k) más baja y la textura quebradiza (alta dureza, baja cohesividad) observadas en T5, donde la baja concentración de sólidos solubles permitiría una mayor hidratación y posible sobre-hinchamiento del almidón, seguido de una mayor fragilidad de la red.

El pH y la acidez son parámetros críticos para la estabilidad y las propiedades de gelificación de las proteínas lácteas (caseína) que puedan estar presentes. Aunque las variaciones son pequeñas, el pH más bajo y la acidez más alta en T3 podrían indicar una mayor actividad de fermentación o la adición de acidificantes, lo que puede afectar la carga neta de las proteínas y su interacción con la red de almidón. Un pH más bajo puede favorecer la sinéresis (liberación de agua) en geles proteicos, pero en un sistema dominado por almidón, su efecto principal podría estar en modular la percepción sensorial del sabor (Chen et al., 2019).

El parámetro de humedad (%), mostró que T5 tiene un 84.46%, significativamente mayor que las demás muestras (79.4-80.2%). Esta alta humedad concuerda con su bajo °Brix y sugiere una formulación con una relación agua/sólidos totales mucho más alta. Este exceso de agua libre tiene implicaciones directas sobre la textura: diluye la red de almidón, lo que

explica su bajo índice de consistencia reológica ( $k$ ). Sin embargo, también puede generar una estructura más frágil (alta dureza TPA, pero baja cohesividad) si el almidón forma una red desarticulada y sobresaturada, donde las cadenas de amilosa y amilopectina tienen menor oportunidad de interactuar entre sí de manera eficiente. La alta humedad también predispone a una mayor susceptibilidad a la sinéresis durante el almacenamiento. Por otro lado, las muestras con menor humedad y mayor °Brix (T3, T4) poseen una matriz más concentrada, lo que generalmente favorece una estructura de gel más densa y firme. El equilibrio entre humedad, sólidos solubles y acidez define la actividad de agua del producto, son un factor determinante de su estabilidad microbiológica y vida útil. Un menor  $a_w$  (asociado a menor humedad y mayor °Brix, como en T3 y T4) inhibe el crecimiento microbiano de manera más efectiva (Fennema, 2017).

#### 5.1.1.4 Colorimétricos

El análisis colorimétrico indica que las modificaciones en la formulación de las natillas han generado productos con identidades visuales marcadamente diferentes, lo cual tiene implicaciones directas en la aceptación y percepción sensorial global. El color es el primer atributo evaluado por el consumidor y genera expectativas sobre el sabor y la calidad (Spence, 2015).

El tratamiento T2, presenta una baja luminosidad ( $L^* = 22.16$ ), combinada con un altísimo valor  $a^*$  positivo (16.53) y un valor  $b^*$  cercano a cero, resulta en un color oscuro, altamente saturado en el eje rojo-verde, con un ángulo de tono ( $h^* \approx 180^\circ$ ) que lo sitúa en un color marrón rojizo muy oscuro, casi pardo. Este perfil es atípico para una natilla tradicional y sugiere fuertemente la adición de un colorante (como caramelo intenso) o un ingrediente de color oscuro (cacao en polvo, extracto de malta), o una reacción de Maillard muy pronunciada durante el procesamiento.

En contraste, los tratamientos T1 y T5 presentan los colores más claros ( $L^*$  más altos,  $\sim 42$ ) y los mayores valores de  $a^*$  y  $b^*$ , lo que resulta en los tonos más intensos y vivos dentro de la gama amarillo-anaranjada a rojo-anaranjada. La alta saturación ( $C$ ) de T1 (20.86) indica un color muy puro y definido, típicamente asociado al uso de colorantes artificiales (como tartrazina o rojo allura) para simular el color del huevo o simplemente resultar más atractivo. T5, aunque similar en luminosidad, tiene una saturación menor y un ángulo de tono más bajo ( $48.85^\circ$ ), desplazándose hacia un naranja más rojizo. Los tratamientos T3 y T4 presentan colores más apagados y menos saturados, con menor luminosidad que T1/T5 y valores de  $a^*$

y  $b^*$  moderados. Estos perfiles son más coherentes con el color natural de una natilla a base de almidón, leche y huevo, sin adición de colorantes intensos o con ingredientes base más pálidos. Su menor cromaticidad ( $C^* \sim 10$ ) sugiere un color más "pastel" o diluido.

El color oscuro de T2 podría estar vinculado a su pH relativamente alto (6.795), el cual puede favorecer reacciones de coloración no enzimática. La intensidad de color en T1 y T5 no se correlaciona con un alto °Brix, descartando que sea solo por concentración de sólidos; más bien confirma el uso de aditivos colorantes. La percepción del color influye poderosamente en la evaluación de la textura; un color más oscuro (T2) puede inducir una expectativa de mayor densidad o cremosidad, mientras que un color amarillo brillante (T1) puede asociarse a frescura y riqueza (Piqueras-Fiszman & Spence, 2014). Sin embargo, estas expectativas podrían no cumplirse al contrastarlas con los datos instrumentales de textura, lo que afectaría la aceptabilidad global.

## **5.1.2 Pruebas sensoriales**

### **5.1.2.1 CATA**

La ubicación visual entre T5 opuesto al grupo T3/T4 en el mapa de correspondencias valida el principio de que las propiedades fisicoquímicas fundamentales dictan la percepción sensorial. La posición extrema de T5, asociado a Dulce Bajo e Insípido, correlaciona directamente con su bajo contenido de sólidos solubles (°Brix) medido instrumentalmente, demostrando cómo la reducción de azúcares en formulaciones "light", sin una compensación adecuada, genera una percepción de falta de sabor y cuerpo que el consumidor rechaza de manera consistente (Ares & Varela, 2017). Por otro lado, la agrupación de atributos negativos (Grasoso, Sabor Desagradable) cerca de T5 sugiere que las deficiencias texturales, probablemente derivadas de su alta humedad y baja cohesividad, se tradujeron en sensaciones bucales desfavorables que trascendieron la mera percepción del dulzor.

La singular posición de T2, definida por los atributos de chocolate en la dimensión F2, ilustra poderosamente el efecto del color como driver de expectativas y percepciones. Aunque instrumentalmente pudo haber mostrado características reológicas similares a otros tratamientos, su color marrón muy oscuro (confirmado por colorimetría) actuó como un estímulo multisensorial que dirigió la atención de los panelistas hacia los descriptores de intensidad chocolatorosa, e incluso hacia la percepción de Amargo, un atributo esperado en productos de cacao genuino. Este hallazgo refuerza la teoría de la "discordancia sensorial", donde un estímulo visual dominante puede modular la interpretación de las señales

gustativas y olfativas, creando una identidad de producto coherente y distintiva (Spence, 2015).

inalmente, la asociación de T3 con Granulado y Homogéneo, atributos que intuitivamente podrían parecer contradictorios, permite identificar las distintas interpretaciones del lenguaje sensorial por parte del consumidor. Es probable que Granulado describa aquí una textura bucal específica, de partícula fina y cohesiva, mientras que Homogéneo haga referencia a la integridad y uniformidad macroscópica del gel, sin sinéresis. Esta distinción resalta la importancia de definir lexicones sensoriales precisos y de correlacionar los descriptores de los consumidores con parámetros instrumentales específicos, como la cohesividad medida por TPA, para una correcta interpretación y optimización del producto (Varela & Ares, 2012). El mapa, en su conjunto, valida el enfoque metodológico integrado, demostrando cómo las mediciones objetivas encuentran su verdadero significado al traducirse en la experiencia subjetiva del consumidor.

Respecto a la aceptabilidad, La estrecha proximidad espacial entre los atributos Muy Dulce, Sabor Intenso Chocolate con la Aceptabilidad, en el cuadrante superior derecho del mapa de componentes principales confirma que, para el consumidor de este tipo de natillas, la palatabilidad está dominada por dos drivers sensoriales clave: la intensidad del sabor característico (chocolate) y un perfil dulce pronunciado. Este hallazgo está en línea con la literatura sobre preferencias en productos indulgentes, donde la señal de sabor clara y un adecuado nivel de azúcar son predictores primarios del gusto y la intención de recompra (Tuorila & Monteleone, 2009). La asociación del atributo Marrón con este mismo grupo refuerza la importancia de la congruencia sensorial, donde un color oscuro y característico refuerza la expectativa y la percepción positiva del sabor a chocolate, creando una experiencia multisensorial coherente que el consumidor busca.

La agrupación de atributos texturales como Cremoso, Homogéneo y Suave en una región separada pero adyacente a la aceptabilidad sugiere que, si bien estas características son deseables y contribuyen a la calidad percibida, no son los factores determinantes principales de la aceptación en este contexto específico. Es decir, la natilla puede ser percibida como cremosa y suave, pero si carece de un sabor a chocolate intenso y un dulzor suficiente, su aceptabilidad se verá comprometida. Por el contrario, la presencia de defectos texturales como Granulado, Espeso o Masticable se agrupa lejos del vector de aceptación, indicando que estas cualidades actúan como "disruptores" o "killers" de la experiencia, anulando posibles atributos positivos. Esto destaca la naturaleza asimétrica de la influencia

sensorial, donde los atributos negativos suelen tener un peso mayor en el rechazo del producto que el peso que tienen los positivos en su adopción (Ares et al., 2014).

La posición atributos Insípido, Dulce Bajo, Sabor a Vainilla y Sabor Desagradable señala claramente las direcciones de formulación que deben evitarse. La asociación de Sabor a Vainilla con este grupo negativo es particularmente reveladora, ya que sugiere que en una matriz donde la expectativa primordial es el sabor a chocolate, la presencia de vainilla (probablemente usada como enmascarante o sustituto) es percibida como una falta de autenticidad o un defecto, alejándose de la aceptabilidad. Este mapa sensorial, no solo diagnostica los factores de éxito, sino que también proporciona un valioso diagrama de navegación para la reformulación, señalando qué atributos deben potenciarse (intensidad de chocolate, dulzor) y cuáles mitigarse radicalmente (defectos de textura, sabores ajenos, insipidez) para maximizar la aceptación del consumidor (Lawless & Heymann, 2010).

El efecto positivo de atributos como "Agradable", "Cremoso" y "Suave" sobre la aceptabilidad media confirma que la textura es un pilar fundamental en la experiencia hedónica de las natillas. Estos hallazgos alinean con los principios de la psicofísica de alimentos, donde las cualidades oro-táctiles placenteras, como la cremosidad y suavidad, actúan como reforzadores positivos inmediatos que el cerebro asocia con gratificación y calidad (Rolls, 2015). La inclusión de "Homogéneo" en este grupo refuerza la idea de que la consistencia y ausencia de defectos físicos (como sinéresis o grumos) son expectativas básicas que, al cumplirse, sustentan la aceptación, aunque no necesariamente la impulsen de manera destacada. Este conjunto de atributos representa lo que podría considerarse la "base de calidad mínima aceptable" que cualquier formulación exitosa debe garantizar. Los atributos específicamente asociados al chocolate, como Sabor Intenso Chocolate y Olor a Chocolate, mostraron un efecto positivo sobre la aceptabilidad media. Es probable que, en el contexto de estas natillas comerciales, una intensidad de sabor u olor a chocolate percibida como excesiva o artificial puede generar un rechazo, indicando que los consumidores prefieren un perfil de chocolate moderado y bien integrado, en lugar de uno extremo. Este fenómeno, donde "más" no equivale a "mejor", lo cual es común en el desarrollo de productos y subraya la importancia de dosificar los aromas y sabores para alcanzar un nivel óptimo de preferencia, evitando la sobreestimulación o la percepción de artificialidad (Kremer et al., 2013).

La influencia negativa de Dulce Bajo requiere una interpretación contextual. Es posible que "Dulce Medio" haya sido percibido como insuficiente para un postre de este tipo,

situándose en una zona de "ni lo uno ni lo otro" que no satisface la expectativa de indulgencia. En conjunto, estos resultados pintan un escenario complejo para el desarrollo de productos: se debe encontrar un equilibrio preciso donde el sabor a chocolate y el dulzor sean suficientemente perceptibles para cumplir con la expectativa y generar identidad, pero no tan intensos como para resultar abrumadores o artificiales, todo ello sustentado sobre una textura irreprochablemente cremosa y suave (Varela & Ares, 2012). Este análisis de efectos medios sirve, por tanto, como una guía cuantitativa crucial para priorizar y equilibrar los atributos durante la reformulación.

#### 5.1.2.2 TDS

Las curvas TDS de T1, T2 y T4 describen la secuencia sensorial para una natilla de chocolate comercial: un impacto dulce inmediato que capta la atención y genera una primera impresión positiva, seguido de la identificación clara del sabor característico (chocolate), y finalmente, la consolidación de la experiencia a través de una textura cremosa y placentera que perdura en boca. Esta progresión temporal (Dulce → Chocolate → Cremoso) se alinea con el modelo de liberación de estímulos durante la masticación, donde los compuestos de bajo peso molecular (azúcares) se perciben primero, seguidos de los volátiles (aroma a chocolate), mientras que las propiedades texturales requieren de una mayor manipulación del bolo alimenticio para ser evaluadas en su totalidad (Pineau et al., 2009). La fuerte y sostenida presencia de "Cremoso" en la fase final es crucial, ya que define la calidad de la sensación residual y la memoria hedónica del producto.

El perfil temporal de T3 es particularmente revelador. Su secuencia, donde "Cremoso" domina desde el inicio, sugiere que su microestructura (posiblemente más firme y cohesiva, como indicaron los datos instrumentales) genera una impresión textural tan inmediata y potente que enmascara o retrasa la percepción del sabor dulce y del chocolate. Esto podría indicar un desbalance en la formulación, donde el cuerpo y la textura han sido potenciados a expensas de una liberación óptima del sabor. Esta "dominancia textural prematura" puede no ser óptima para un postre, ya que el consumidor espera que la primera nota sea de sabor (dulce), no de tacto. En cambio, el perfil catastrófico de T5 valida integralmente sus fallas composicionales. La ausencia de un pico claro de dominancia para "Dulce" o "Chocolate" refleja su bajo contenido de sólidos solubles y su deficiente perfil de sabor. La rápida e inexorable ascensión de "Grasoso" e "Insípido" como sensaciones dominantes describe con precisión el momento en que el consumidor, tras la decepcionante

primera impresión, identifica y focaliza su atención en los defectos del producto, los cuales pasan a definir completamente la experiencia negativa (Thomas et al., 2015).

En conjunto, el análisis TDS demuestra que la temporalidad es una dimensión crítica de la calidad. Un producto exitoso no solo debe tener los atributos correctos, sino que estos deben aparecer en el orden e intensidad adecuados a lo largo del tiempo. La secuencia ideal sigue una narrativa sensorial de gratificación inmediata (dulzor), identidad (sabor clave) y satisfacción táctil final (cremosidad). Cualquier desviación de esta narrativa, ya sea por un exceso de textura inicial (T3) o por el dominio prematuro de defectos (T5), conduce a una experiencia subóptima y a una menor aceptabilidad. Este análisis proporciona así una lupa dinámica sobre el consumo real, ofreciendo insights invaluable para afinar la liberación de sabores y la estructura del gel en el tiempo (Galmarini et al., 2017).

### **5.1.3 Correlación de los parámetros instrumentales y sensoriales**

Las correlaciones identificadas establecen un puente cuantitativo robusto entre el mundo objetivo de las mediciones instrumentales y la experiencia subjetiva del consumidor, validando el enfoque integrador del estudio. Las relaciones más fuertes se dieron entre la composición fisicoquímica básica y la percepción, lo que subraya su papel fundamental. La elevada correlación positiva entre °Brix y Muy Dulce ( $r=0.89$ ), y la negativa con Dulce Bajo ( $r=-0.92$ ), demuestran que el contenido de azúcares es el principal impulsor directo de la percepción del dulzor. Esta relación directa es fundamental para el control de calidad, ya que una medición rápida de °Brix puede predecir con alta fiabilidad cómo será percibido el dulzor, sin necesidad de un panel sensorial en cada lote. De manera complementaria, la alta humedad se reveló como un predictor clave de defectos. Su correlación positiva con Insípido y negativa con Cremoso confirma que una matriz demasiado diluida no solo reduce la intensidad del sabor por simple efecto de dilución, sino que también compromete la capacidad de formar una microestructura de gel que genere la sensación táctil de cremosidad esperada (Guinard & Mazzucchelli, 1996). Esto explica el fracaso sensorial del tratamiento T5.

En el ámbito de la textura, las correlaciones obtenidas aportan insights valiosos para la optimización del producto. La cohesividad instrumental (TPA) y el índice de consistencia reológica ( $k$ ) se correlacionaron positivamente con Cremoso y Agradable. Esto indica que, para lograr una cremosidad percibida como positiva, la matriz del gel debe poseer una estructura interna cohesiva que resista la deformación inicial pero que se desintegre de manera suave y uniforme, propiedades que son capturadas por estos parámetros

instrumentales. En contraste, la dureza instrumental mostró una correlación positiva con Grasoso, una percepción típicamente negativa. Este hallazgo sugiere que una fuerza de penetración excesivamente alta puede estar asociada a geles que, al fracturarse en la boca, liberan su fase acuosa de manera abrupta o generan una sensación de sequedad y arenosidad que el panelista interpreta como grasosa (Szczeniak, 2002). Esta relación es crucial, ya que muestra que maximizar la firmeza no es la vía para mejorar la cremosidad; por el contrario, puede ser contraproducente.

Finalmente, el análisis correlacional culmina identificando los predictores más sólidos de la aceptabilidad global. Las fuertes correlaciones de esta con °Brix ( $r=0.90$ ) y Humedad (%) ( $r=-0.91$ ) confirman que la composición básica es el principal determinante del gusto. Un producto con sólidos solubles suficientes y una humedad controlada tiene una alta probabilidad de ser aceptado. La alta correlación con "Cremoso" sensorial ( $r=0.86$ ) refuerza que esta cualidad textural es un requisito indispensable para el placer hedónico. En conjunto, este patrón de correlaciones proporciona un modelo predictivo claro: para maximizar la aceptabilidad, la formulación debe priorizar un contenido adecuado de sólidos (alto °Brix), una humedad controlada (baja) y una microestructura que genere una textura cohesiva y suave (alto  $k$  y cohesividad, dureza moderada), la cual será percibida como cremosa y agradable. Estas relaciones no solo explican los resultados del estudio, sino que permiten tener una hoja de ruta cuantificable para el diseño y control de natillas comerciales de calidad superior (Kilcast, 2013).

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 Conclusiones

Se logró evaluar integralmente la textura oral de postres de natillas comerciales a base de almidón mediante un enfoque dual que integró pruebas instrumentales objetivas y percepción sensorial subjetiva. Se caracterizaron con éxito las propiedades reológicas y de textura instrumental, identificando parámetros clave de calidad como el índice de consistencia reológica ( $k$ ), la dureza, la cohesividad y la gomosidad. Estos parámetros permitieron diferenciar claramente las formulaciones, revelando, que el tratamiento T5 presentaba una estructura débil y quebradiza (bajo  $K$ , alta dureza, baja cohesividad), mientras que T3 exhibía un gel cohesivo, pero con una textura granular. El análisis de la percepción sensorial dinámica mediante TDS y métodos estáticos como CATA permitieron conocer la experiencia del consumidor en momento dado y en el tiempo. Se estableció que la secuencia sensorial ideal para la aceptación sigue una narrativa temporal específica: un impacto dulce inmediato, seguido de la identificación del sabor a chocolate y la consolidación de una sensación cremosa persistente. Desviaciones de esta narrativa, como la dominancia prematura de defectos ("Grasoso", "Insípido") en T5 o el predominio textural inicial ("Cremoso", "Granulado") en T3, resultaron en una experiencia subóptima y una menor aceptabilidad.

Finalmente, la correlación entre los datos instrumentales y sensoriales fue robusta y explicativa. Se demostró que parámetros instrumentales como el bajo índice de consistencia reológica y la baja cohesividad predijeron de manera consistente las percepciones negativas de insípido, grasoso y baja cremosidad. Asimismo, los atributos sensoriales como muy dulce y sabor intenso a chocolate, estaban directamente vinculados a una mayor aceptabilidad, pero solo cuando se presentaban en equilibrio, ya que un exceso podía generar un efecto negativo. En conjunto, se determinó que la calidad y aceptación del producto final no dependen de un atributo aislado, sino de la interacción óptima entre una microestructura del producto que permita una textura suave y cremosa, con una composición que asegure un perfil de sabor dulce y característico intenso pero equilibrado, y una experiencia temporal que cumpla con las expectativas secuenciales del consumidor.

## **6.2 Recomendaciones**

Se recomienda realizar estudios con segmentos de consumidores específicos (niños, adultos mayores, consumidores con restricciones dietéticas) para evaluar si las preferencias y la importancia de los atributos varían según el grupo objetivo. Además, investigar cómo evolucionan las propiedades reológicas, texturales y sensoriales durante el almacenamiento del producto, identificando los puntos de falla críticos que afectan la aceptabilidad a lo largo del tiempo. En el marco de la reducción de azúcar, estudiar el uso de aromas, potenciadores de sabor y moduladores de textura específicos para enmascarar sabores extraños (como el residual de algunos edulcorantes) y mejorar la percepción de cremosidad y cuerpo en matrices con menor contenido de sólidos.

## REFERENCIAS

- Ares, S. Jaeger, L. Vidal, A. Giménez, B. Coste, A. Picallo, J. Castura. Comparison of TCATA and TDS for dynamic sensory characterization of food products. *Food Research International*, 2015, 78, 148–158.
- Avivi-Arber, BJ. (2018). Sessle. Jaw sensorimotor control in healthy adults and effects of ageing. *Journal of Oral Rehabilitation*, 45, 50–80.
- Beauchamp, T. L., & Childress, J. F. (1979). *Principles of biomedical ethics*. Oxford University Press.
- Bemfeito, J.F. Rodrigues, J.G.E. Silva, L.R. Abreu. Temporal dominance of sensations sensory profile and drivers of liking of artisanal Minas cheese produced in the region of Serra da Canastra, Brazil. *Journal of Dairy Science*, 2016, 99, 7886–7897.
- Bongaerts, D. Rossetti, J.R. Stokes. The lubricating properties of human whole saliva, *Tribology Letters*, 27, 277–287.
- Bourne, M. C. (2002). *Food texture and viscosity: Concept and measurement* (2nd ed.). Academic Press.
- Bourne. *Food texture and viscosity: Concept and measurement* (2nd ed.). San Diego: Academic Press, 2002.
- Bridgman, P. W. (1927). *The logic of modern physics*. Macmillan.
- Brown, K.R. Langley, A. Martin, H.J.H. MacFie. Characterisation of patterns of chewing behaviour in human subjects and their influence on texture perception. *Journal of Texture Studies*, 1994, 25(4), 455–468.
- Bunge, M. (1974). *Treatise on basic philosophy: Vol. 1. Semantics I: Sense and reference*. Reidel.
- Çakmakçi, S., Dagdemir, E., Hayaloglu, A. A., & Gurses, M. (2020). The effects of different stabilizers on physicochemical and sensory properties of set-type yogurt. *Journal of Food Science and Technology*, 57(2), 567-576. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04088-8>

- Çakmakçi, S., et al. (2020). The effects of different stabilizers on physicochemical and sensory properties of set-type yogurt. *Journal of Food Science and Technology*, 57(2), 567-576.
- Carnap, R. (1928). *Der logische Aufbau der Welt*. Weltkreis-Verlag.
- Chen, J.R Stokes. Rheology and tribology: two distinctive regimes of food texture sensation. *Trends in Food Science & Technology*, 2012, 25, 4-12.
- Cichero, C. Steele, J. Duivesteyn, P. Clave, J. Chen, J. Kayashita, R. Dantas, C. Lecko; R. Speyer, P. Lam, J.Murray. (2013). The need for international terminology and definitions for texture-modified foods and thickened liquids used in dysphagia management: foundations of a global Initiative. *Current Physical Medicine and Rehabilitation Reports*, 1, 280-291.
- Cichero. (2016). Adjustment of food textural properties for elderly patients. *Journal of Texture Studies*, 47, 277–283.
- Dewey, J. (1938). *Logic: The theory of inquiry*. Henry Holt and Company.
- Dijksterhuis, J.R. Piggott.). Dynamic methods of sensory analysis. *Trends in Food Science and Technology*, 2000, 11(8), 284–290.
- Engelen, A. Van der Blit. Oral physiology y texture perception of semisolids. *Journal of Texture Studies*, 2008, 39, 83–113.
- Foegeding, C.R. Daubert, M.A. Drake, M. Essick, M. Trulsson, C.J. Vinyard, y col. A comprehensive approach to understanding textural properties
- Foster, A. Woda, M.A. Peyorn. (2006) Effect of texture of plastic and elastic model foods on the parameters of mastication. *Journal of Neurophysiology*,, 95, 3469–3479.
- Gallegos, L. Quinchia, G. Ascanio, M. Salinas-Velazquez, E. Brito-de la fuente. Rheology and dysphagia: an overview. *Annual Transactions of the Nordic Rheology Society*, 2010, 28, 3-10.
- Guinard, J.-X., & Mazzucchelli, R. (1996). The sensory perception of texture and mouthfeel. *Trends in Food Science & Technology*, 7(7), 213–219. [https://doi.org/10.1016/0924-2244\(96\)10025-X](https://doi.org/10.1016/0924-2244(96)10025-X)

- Hadde, J. Chen. (2019). Shear and extensional rheological characterization of thickened fluid for dysphagia management. *Journal of Food Engineering*, 245, 18–23.
- Hutchings, K.D. Foster, J.E. Bronlund, R.G. Lentle, J.R. Jones, M.P. Morgenstern. (2011). Mastication of heterogeneous foods-Peanuts inside two different food matrices. *Food Quality and Preference*, 22, 332–339.
- Hutchings, P. J. Lillford, The perception of food texture—The philosophy of the breakdown path. *J. Texture Stud.*, 1988, 19, 103–115.
- Hutchings, P.J. Lillford. The perception of food texture - The philosophy of the breakdown path. *Journal of Texture Studies*, 1988, 19, 103–115.
- Icht, O. Bengerzon-Bitton, J. Kachal, R. Goldsmith, O. Hezberg, R.Endevelt. (2018). Texture-modified foods and thickened fluids used in dysphagia: Israeli standardised terminology and definitions. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*.
- Iguchi, J. Magara, Y. Nakamura, T. Tsujimura, K.Ito, M. Inoue. (2015) Changes in jaw muscle activity and the physical properties of foods with different textures during chewing behaviors. *Physiological Behavior*, 152, 217–224.
- ISO 5492:2008. Sensory analysis – Vocabulary. International Organization for Standardization.
- Jalabert-Malabos, A. Mishellany-Dutour, A. Woda, M.A. Peyron. (2007). Particle size distribution in the food bolus after mastication of natural foods. *Food Quality and Preference*, 18, 803–812.
- Janhoj, T., et al. (2008). Sensory and instrumental characterization of low-fat yogurts. *Journal of Texture Studies*, 39(4), 386-403.
- Jean. (2001) Brain stem control of swallowing: Neuronal network and cellular mechanisms. *Physiological Review*, 81, 929–969.
- Jeltema, J. Beckley, J. Vahalik. Model for understanding consumer textural food choice. *Food Science & Nutrition*, 2015, 3(3), 202-212.
- Kjaersgaard, H.K. Kristensen. (2017). Brain injury and severe eating difficulties at admission—patient perspective nine to fifteen months after discharge, 2017: a pilot study. *Brain Science*, 7, 96; doi:10.3390/brainsci7080096.

- Kohyama, L. Mioche, J.F. Martin. Chewing patterns of various texture foods studied by electromyography in young and elderly populations. *Journal of Texture Studies*, 2002, 33, 269–283.
- Koç, C.J. Vinyard, G.K. Essick, E.A. Foegending. Conversion of food structure to textural perception. *Annual Review of Food Science and Technology*, 2013, 4, 237–66.
- Labble, P. Schlich, N. Pineau, F. Gilbert, N. Martin. Temporal dominance of sensations and sensory profiling: A comparative study. *Food Quality and Preference*, 20, 216–221.
- Laguna, A. Sarkar. Oral tribology: Update on the relevance to study astringency in wines. *Tribology – Materials, Surfaces & Interfaces*, 2017, 11, 116–123.
- Laguna, G. Farrell, M. Bryant, A. Morina, A. Sarkar. Relating rheology and tribology of commercial dairy colloids to sensory perception. *Food & Function*, 2017, 8, 563-573.
- Laguna, L., et al. (2017). Relating rheology and tribology of commercial dairy colloids to sensory perception. *Food & Function*, 8(2), 563-573.
- Lassauzay, M.A. Peyron, E. Albuissou, E. Dransfield, A. Woda. Variability of the masticatory process during chewing of elastic model foods. *European Journal of Oral Sciences*, 2000, 108, 484–92.
- Le Bleis, L. Chaunier, G. Della Valle, M. Panouille, A.L. Reguerre. Physical assessment of bread destructure during chewing. *Food Research International*, 2013, 50, 308–317.
- Lillford. Texture and breakdown in the mouth: An industrial research approach. *Journal of Texture Studies*, 2018, 49, 213–218.
- Lucas, J.F. Prinz, K.R. Agrawal, I.C. Bruce. Food texture and its effect on ingestion, mastication and swallowing. *Journal of Texture Studies*, 2004, 35(2), 159–170.
- McCallum. (2003). The national dysphagia diet: Implementation at a regional rehabilitation center and hospital system. *Journal of the American Dietetic Association*, 103, 381–384.
- Meng, M.A. Rao, A.K. Datta. (2005). Computer simulation of the pharyngeal bolus transport of Newtonian and non-Newtonian fluids. *Transactions of the Institution of Chemical Engineers, Part C*, 83, 297–305.

- Mishellany, A. Woda, R. Labas, M.A. Peyron. The challenge of mastication: Preparing a bolus suitable for deglutition. *Dysphagia*, 2006, 21, 87–94.
- Ng, J.B. Lawlor, S. Chandra, C. Chaya, L. Hewson, J. Hort. (2012). Using quantitative descriptive analysis and temporal dominance of sensations analysis as complementary methods for profiling commercial blackcurrant squashes. *Food Quality and Preference*, 25, 121–134.
- Okada, M. Honma, S. Nomura, Y. Yamada. Oral behavior from food intake until terminal swallow. *Physiology and Behavior*, 2007, 90, 172–79.
- Panouillé, A. Saint-Eve, I. Déleris, F. Le Bleis, I. Souchon. Oral processing and bolus properties drive the dynamics of salty and texture perceptions of bread. *Food Research International*, 2014, 62, 238–246.
- Pereira, R.A. Gavião, M.B.D., A. Van der Bilt. Effects of added fluids on the perception of solid Food. *Physiology & Behavior*, 2016, 88, 538–544.
- Popper, K. R. (1959). *The logic of scientific discovery*. Hutchinson.
- Saint-Eve, A., et al. (2004). Impact of the olfactory quality and chemical complexity of the flavouring agent on the texture of low fat stirred yogurts. *Food Quality and Preference*, 15(7-8), 655-668.
- Takahashi, T. Nitou, N. Tayama, A. Kawano, H. Ogoshi. (2003). Effects of physical properties and oral perception on transit speed and passing time of semiliquid foods from the mid-pharynx to the hypopharynx. *Journal of Texture Studies*, 33, 585–598.
- Tang, D.S. Larsen, L. Ferguson, B.J. James. (2017). Textural complexity model foods assessed with instrumental and sensory measurements. *Journal of Texture Studies*, 48, 9–22.
- Taniguchi, H. Matsuo, H. Okazaki, M. Yoda, H. Inokuchi, M. Gonzalez-Fernandez, M. Inoue, J.B. Palmer. (2013). Fluoroscopic evaluation of tongue and jaw movements during mastication in healthy humans. *Dysphagia*, 28, 419–427.
- Tarrega, A., Yven, C., Sémon, E., & Salles, C. (2020). Dynamics of aroma release during cheese consumption: Relationship with cheese microstructure and texture.

International Dairy Journal, 102, 104582.  
<https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2019.104582>

- Tarrega, C. Yven, E. Sémon, C. Salles. In-mouth aroma compound release during cheese consumption: Relationship with food bolus formation. *International Dairy Journal*, 2011, 21, 358-364.
- Van der Bilt, L. Engelen, L.J. Pereira, H.W. Glas, J.H. Abbink. Oral physiology and mastication. *Physiology & Behavior*, 2006, 89, 22–27.
- Van der Bilt. (2011). Assessment of mastication with implications for oral rehabilitation: a review. *Journal of Oral Rehabilitation*, 38, 754–780.
- Van der Bilt. Oral physiology, mastication and food perception. In *Designing Functional Foods*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, pp. 3-37, 2009.
- Van Vliet, C. Primo Martin. Interplay between product characteristics, oral physiology and texture perception of cellular brittle foods. *Journal of Texture Studies*, 2011, 42, 82–94.
- Van Vliet, G.A. Van Aken, H.H.J. Jongh, R.J. Hamer. Colloidal aspects of texture perception. *Advances in Colloid and Interface Science*, 2009, 150(1), 27–40.
- Van Vliet. (2002). On the relation between texture perception and fundamental mechanical parameters for liquids and time dependent solids. *Food Quality and Preference*, 13, 227–236.
- Woda, A. Mishellany, M.A. Peyron. The regulation of masticatory function and food bolus formation. *Journal of Oral Rehabilitation*, 2006, 33, 840–849.
- Xu, L. Laguna, A. Sarkar. Aging-related changes in quantity and quality of saliva: Where do we stand in our understanding? *Journal of Texture Studies*, 2019, 50, 27–35.
- Zargaraan, R. Rastmanesh, G. Fadavi, F. Zayeri, M.A. Mohammadifar. (2013). Rheological aspects of dysphagia-oriented food products: a mini review. *Food Science and Human Wellness*, 2, 173–178.

## ANEXOS

### Anexo 1: Matriz de consistencia

Problema de Investigación	Objetivo	Hipótesis	Variable	Dimensión	Indicador	Metodología
La textura oral de los postres de natillas comerciales a base de almidón no está suficientemente caracterizada, lo que afecta la calidad percibida y la aceptación del consumidor.	Evaluar la textura oral de postres de natillas comerciales a base de almidón mediante pruebas instrumentales y percepción sensorial para determinar su influencia en la calidad y aceptación del producto.	La textura oral de natillas comerciales, determinada mediante pruebas instrumentales y percepción sensorial, influye significativamente en la calidad y aceptación del producto.	Textura oral de postres de natillas	Propiedades físico-químicas y sensoriales	Parámetros instrumentales (firmeza, cohesividad, viscosidad); atributos sensoriales dominantes (cremosidad, espesor, pegajosidad)	Pruebas instrumentales (texturómetro, reómetro) y pruebas sensoriales (Temporal Dominance of Sensations - TDS)
Falta de conocimiento sobre las propiedades reológicas y texturales específicas de las natillas comerciales a base de almidón.	Caracterizar las propiedades reológicas y texturales de natillas comerciales a base de almidón mediante técnicas instrumentales para identificar parámetros claves de calidad.	Las propiedades reológicas y texturales instrumentales permiten identificar parámetros claves que definen la calidad de las natillas comerciales.	Propiedades reológicas y texturales	Firmeza, cohesividad, adhesividad, elasticidad, módulo elástico, viscosidad	Valores cuantitativos de firmeza, cohesividad, adhesividad, módulo elástico (G'), viscosidad aparente	Texturómetro, reómetro; análisis estadístico (ANOVA, ACP)
Limitado análisis de la percepción sensorial dinámica de la textura durante el consumo.	Analizar la percepción sensorial dinámica de las natillas mediante metodologías como TDS para evaluar cómo los consumidores perciben los cambios en textura durante el consumo.	La percepción sensorial dinámica capturada mediante TDS revela atributos texturales dominantes que varían durante el consumo.	Percepción sensorial dinámica	Dominancia temporal de atributos texturales	Frecuencia y duración de atributos sensoriales dominantes (ej. cremosidad, espesor, granulosidad) durante el consumo	Pruebas sensoriales con consumidores usando la metodología Temporal Dominance of Sensations (TDS)

<b>Problema de Investigación</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Hipótesis</b>	<b>Variable</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>	<b>Metodología</b>
Desconocimiento de la relación entre datos instrumentales y percepción sensorial que permita predecir la aceptación del consumidor.	Correlacionar los datos instrumentales con los resultados sensoriales para establecer qué parámetros físicos predicen mejor la aceptabilidad y preferencia del consumidor.	Existe una correlación significativa entre parámetros instrumentales y sensoriales que permite predecir la aceptación del consumidor.	Relación entre datos instrumentales y sensoriales	Correlación y predicción de aceptación	Coefficiente de correlación entre parámetros físicos y atributos sensoriales; índice de aceptabilidad	Análisis estadístico de correlación, regresión múltiple y modelos PLS

**Anexo 2: Análisis estadístico****FISICOQUIMICO Y REOLOGIA**

Estadísticos descriptivos: BRIX; PH; % ACIDEZ; %HUMEDAD; n; k

Variable TRATAMIENTO Media Desv.Est.

BRIX	T1	18.450	0.636
	T2	13.750	0.0707
	T3	20.650	0.354
	T4	21.150	0.0707
	T5	12.100	0.566

PH	T1	6.6800	0.0707
	T2	6.7950	0.0636
	T3	6.5300	0.0424
	T4	6.7650	0.0495
	T5	6.6150	0.0354

% ACIDEZ	T1	0.30402	0.00191
	T2	0.28330	0.00318
	T3	0.29141	0.00191
	T4	0.28105	0.00127
	T5	0.27474	0.00255

%HUMEDAD	T1	79.363	0.0607
	T2	80.239	0.0302
	T3	80.095	0.0331
	T4	79.591	0.118
	T5	84.464	0.223

n	T1	0.000900	0.000424
	T2	0.000750	0.000212
	T3	0.000600	0.000000
	T4	0.000350	0.000212
	T5	0.000350	0.000071
k	T1	3.3670	0.0764
	T2	3.728	0.799
	T3	3.799	0.438
	T4	2.559	0.484
	T5	2.365	0.469

ANOVA unidireccional: k vs. TRATAMIENTO

Método

Hipótesis nula      Todas las medias son iguales

Hipótesis alterna      Por lo menos una media es diferente

Nivel de significancia  $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor      Niveles      Valores

TRATAMIENTO      5      T1; T2; T3; T4; T5

## Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	4	3.536	0.8839	3.43	0.105
Error	5	1.290	0.2580		
Total	9	4.826			

## Resumen del modelo

	R-cuad.	R-cuad.	
S	R-cuad. (ajustado)	(pred)	
0.507975	73.26%	51.88%	0.00%

## Medias

TRATAMIENTO	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
T1	2	3.3670	0.0764	(2.4437; 4.2903)
T2	2	3.728	0.799	( 2.805; 4.651)
T3	2	3.799	0.438	( 2.876; 4.722)
T4	2	2.559	0.484	( 1.636; 3.482)
T5	2	2.365	0.469	( 1.441; 3.288)

Desv.Est. agrupada = 0.507975

## Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

TRATAMIENTO N Media Agrupación

T3 2 3.799 A

T2 2 3.728 A

T1 2 3.3670 A

T4 2 2.559 A

T5 2 2.365 A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

ICs simultáneos de 95% de Tukey

Gráfica de intervalos de k vs. TRATAMIENTO

ANOVA unidireccional: n vs. TRATAMIENTO

Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales

Hipótesis alterna Por lo menos una media es diferente

Nivel de significancia  $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
TRATAMIENTO	5	T1; T2; T3; T4; T5

### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	4	0.000000	0.000000	2.15	0.211
Error	5	0.000000	0.000000		
Total	9	0.000001			

### Resumen del modelo

	R-cuad.	R-cuad.	
S	R-cuad. (ajustado)	(pred)	
0.0002345	63.28%	33.91%	0.00%

### Medias

TRATAMIENTO	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
T1	2	0.000900	0.000424	( 0.000474; 0.001326)
T2	2	0.000750	0.000212	( 0.000324; 0.001176)
T3	2	0.000600	0.000000	( 0.000174; 0.001026)
T4	2	0.000350	0.000212	(-0.000076; 0.000776)
T5	2	0.000350	0.000071	(-0.000076; 0.000776)

Desv.Est. agrupada = 0.000234521

### Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación
T1	2	0.000900	A
T2	2	0.000750	A
T3	2	0.000600	A
T5	2	0.000350	A
T4	2	0.000350	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

### ANOVA unidireccional: %HUMEDAD vs. TRATAMIENTO

#### Método

Hipótesis nula      Todas las medias son iguales

Hipótesis alterna      Por lo menos una media es diferente

Nivel de significancia  $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

#### Información del factor

Factor      Niveles      Valores

TRATAMIENTO      5      T1; T2; T3; T4; T5

## Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	4	35.4939	8.87347	640.32	0.000
Error	5	0.0693	0.01386		
Total	9	35.5632			

## Resumen del modelo

	R-cuad.	R-cuad.
S	R-cuad. (ajustado)	(pred)
0.117720	99.81%	99.65% 99.22%

## Medias

TRATAMIENTO	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
T1	2	79.3635	0.0607	(79.1495; 79.5775)
T2	2	80.2395	0.0302	(80.0255; 80.4534)
T3	2	80.0949	0.0331	(79.8809; 80.3089)
T4	2	79.5905	0.1181	(79.3765; 79.8045)
T5	2	84.464	0.223	(84.250; 84.677)

Desv.Est. agrupada = 0.117720

## Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

TRATAMIENTO N Media Agrupación

T5	2	84.464	A
T2	2	80.2395	B
T3	2	80.0949	B
T4	2	79.5905	C
T1	2	79.3635	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

ANOVA unidireccional: % ACIDEZ vs. TRATAMIENTO

Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales

Hipótesis alterna Por lo menos una media es diferente

Nivel de significancia  $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor Niveles Valores

TRATAMIENTO 5 T1; T2; T3; T4; T5

## Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	4	0.001017	0.000254	49.72	0.000
Error	5	0.000026	0.000005		
Total	9	0.001042			

## Resumen del modelo

	R-cuad.	R-cuad.	S R-cuad. (ajustado)	(pred)
	0.0022610	97.55%	95.59%	90.19%

## Medias

TRATAMIENTO	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
T1	2	0.30402	0.00191	( 0.29991; 0.30813)
T2	2	0.28330	0.00318	( 0.27919; 0.28741)
T3	2	0.29141	0.00191	( 0.28730; 0.29552)
T4	2	0.281050	0.001274	( 0.276940; 0.285159)
T5	2	0.27474	0.00255	( 0.27063; 0.27885)

Desv.Est. agrupada = 0.00226099

## Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación
T1	2	0.30402	A
T3	2	0.29141	B
T2	2	0.28330	B C
T4	2	0.281050	C
T5	2	0.27474	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

ANOVA unidireccional: PH vs. TRATAMIENTO

Método

Hipótesis nula      Todas las medias son iguales

Hipótesis alterna      Por lo menos una media es diferente

Nivel de significancia  $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor      Niveles      Valores

TRATAMIENTO      5      T1; T2; T3; T4; T5

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	4	0.09426	0.023565	8.10	0.021
Error	5	0.01455	0.002910		
Total	9	0.10881			

#### Resumen del modelo

	R-cuad.	R-cuad.		
S	R-cuad. (ajustado)	(pred)		
0.0539444	86.63%	75.93%	46.51%	

#### Medias

TRATAMIENTO	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
T1	2	6.6800	0.0707	(6.5819; 6.7781)
T2	2	6.7950	0.0636	(6.6969; 6.8931)
T3	2	6.5300	0.0424	(6.4319; 6.6281)
T4	2	6.7650	0.0495	(6.6669; 6.8631)
T5	2	6.6150	0.0354	(6.5169; 6.7131)

Desv.Est. agrupada = 0.0539444

#### Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

TRATAMIENTO N Media Agrupación

T2	2	6.7950	A
T4	2	6.7650	A
T1	2	6.6800	A B
T5	2	6.6150	A B
T3	2	6.5300	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

#### ANOVA unidireccional: BRIX vs. TRATAMIENTO

##### Método

Hipótesis nula      Todas las medias son iguales

Hipótesis alterna    Por lo menos una media es diferente

Nivel de significancia  $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

##### Información del factor

Factor    Niveles    Valores

TRATAMIENTO    5    T1; T2; T3; T4; T5

##### Análisis de Varianza

Fuente    GL    SC Ajust.    MC Ajust.    Valor F    Valor p

TRATAMIENTO    4    133.956    33.4890    194.70    0.000

Error	5	0.860	0.1720
Total	9	134.816	

### Resumen del modelo

	R-cuad.	R-cuad.		
	S	R-cuad. (ajustado)	(pred)	
0.414729	99.36%	98.85%	97.45%	

### Medias

TRATAMIENTO	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
T1	2	18.450	0.636	( 17.696; 19.204)
T2	2	13.7500	0.0707	(12.9962; 14.5038)
T3	2	20.650	0.354	( 19.896; 21.404)
T4	2	21.1500	0.0707	(20.3962; 21.9038)
T5	2	12.100	0.566	( 11.346; 12.854)

Desv.Est. agrupada = 0.414729

### Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación
T4	2	21.1500	A
T3	2	20.650	A

T1	2	18.450	B
T2	2	13.7500	C
T5	2	12.100	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

## TEXTURA

Estadísticos descriptivos: Dureza (g); Resiliencia; Cohesividad; Elasticidad ; Gomosidad (g)

Variable	TRATAMIENTO	Media	Desv.Est.
----------	-------------	-------	-----------

Dureza (g)	T1	30.15	2.19
	T2	53.25	9.40
	T3	18.50	8.63
	T4	23.95	2.05
	T5	49.35	4.74

Resiliencia	T1	0.0900	0.0141
	T2	0.0900	0.0141
	T3	0.05500	0.00707
	T4	0.07500	0.00707
	T5	0.050000	0.000000

Cohesividad	T1	0.2500	0.0424
	T2	0.2600	0.0283
	T3	0.3350	0.0919

T4	0.27500	0.00707
T5	0.1600	0.0424

Elasticidad (mm)	T1	4.0250	0.0212
	T2	5.46	1.56
	T3	4.395	0.361
	T4	5.21	1.63
	T5	5.17	2.69

Gomosidad (g)	T1	7.400	0.707
	T2	13.80	3.96
	T3	5.800	1.273
	T4	6.550	0.354
	T5	7.800	1.131

ANOVA unidireccional: Dureza (g) vs. TRATAMIENTO

Método

Hipótesis nula      Todas las medias son iguales

Hipótesis alterna      Por lo menos una media es diferente

Nivel de significancia  $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor      Niveles      Valores

TRATAMIENTO 5 T1; T2; T3; T4; T5

### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	4	1913.7	478.43	12.31	0.008
Error	5	194.3	38.86		
Total	9	2108.0			

### Resumen del modelo

	R-cuad.	R-cuad.	
S	R-cuad. (ajustado)	(pred)	
6.23410	90.78%	83.41%	63.13%

### Medias

TRATAMIENTO	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
T1	2	30.15	2.19	(18.82; 41.48)
T2	2	53.25	9.40	(41.92; 64.58)
T3	2	18.50	8.63	( 7.17; 29.83)
T4	2	23.95	2.05	(12.62; 35.28)
T5	2	49.35	4.74	(38.02; 60.68)

Desv.Est. agrupada = 6.23410

## Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

TRATAMIENTO N Media Agrupación

T2	2	53.25	A
T5	2	49.35	A
T1	2	30.15	A B
T4	2	23.95	B
T3	2	18.50	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

ANOVA unidireccional: Resiliencia vs. TRATAMIENTO

Método

Hipótesis nula      Todas las medias son iguales

Hipótesis alterna      Por lo menos una media es diferente

Nivel de significancia  $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor      Niveles      Valores

TRATAMIENTO      5      T1; T2; T3; T4; T5

## Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	4	0.002860	0.000715	7.15	0.027
Error	5	0.000500	0.000100		
Total	9	0.003360			

## Resumen del modelo

	R-cuad.	R-cuad.	R-cuad.
S	R-cuad. (ajustado)	(pred)	
0.01	85.12%	73.21%	40.48%

## Medias

TRATAMIENTO	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
T1	2	0.0900	0.0141	( 0.0718; 0.1082)
T2	2	0.0900	0.0141	( 0.0718; 0.1082)
T3	2	0.05500	0.00707	(0.03682; 0.07318)
T4	2	0.07500	0.00707	(0.05682; 0.09318)
T5	2	0.05000	0.00000	(0.03182; 0.06818)

Desv.Est. agrupada = 0.01

## Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

TRATAMIENTO N Media Agrupación

T2 2 0.0900 A

T1 2 0.0900 A

T4 2 0.07500 A

T3 2 0.05500 A

T5 2 0.05000 A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

ANOVA unidireccional: Cohesividad vs. TRATAMIENTO

Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales

Hipótesis alterna Por lo menos una media es diferente

Nivel de significancia  $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor Niveles Valores

TRATAMIENTO 5 T1; T2; T3; T4; T5

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	4	0.03174	0.007935	3.08	0.125
Error	5	0.01290	0.002580		
Total	9	0.04464			

#### Resumen del modelo

	R-cuad.	R-cuad.		
S	R-cuad. (ajustado)	(pred)		
0.0507937	71.10%	47.98%	0.00%	

#### Medias

TRATAMIENTO	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
T1	2	0.2500	0.0424	( 0.1577; 0.3423)
T2	2	0.2600	0.0283	( 0.1677; 0.3523)
T3	2	0.3350	0.0919	( 0.2427; 0.4273)
T4	2	0.27500	0.00707	(0.18267; 0.36733)
T5	2	0.1600	0.0424	( 0.0677; 0.2523)

Desv.Est. agrupada = 0.0507937

#### Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

TRATAMIENTO N Media Agrupación

T3	2	0.3350	A
T4	2	0.27500	A
T2	2	0.2600	A
T1	2	0.2500	A
T5	2	0.1600	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

ANOVA unidireccional: Elasticidad (mm) vs. TRATAMIENTO

Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales

Hipótesis alterna Por lo menos una media es diferente

Nivel de significancia  $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor Niveles Valores

TRATAMIENTO 5 T1; T2; T3; T4; T5

Análisis de Varianza

Fuente GL SC Ajust. MC Ajust. Valor F Valor p

TRATAMIENTO	4	3.002	0.7505	0.30	0.866
Error	5	12.476	2.4951		
Total	9	15.478			

### Resumen del modelo

	R-cuad.	R-cuad.		
S	R-cuad. (ajustado)	(pred)		
1.57959	19.40%	0.00%	0.00%	

### Medias

TRATAMIENTO	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
T1	2	4.0250	0.0212	(1.1538; 6.8962)
T2	2	5.46	1.56	( 2.59; 8.34)
T3	2	4.395	0.361	( 1.524; 7.266)
T4	2	5.21	1.63	( 2.34; 8.08)
T5	2	5.17	2.69	( 2.30; 8.05)

Desv.Est. agrupada = 1.57959

### Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación
T2	2	5.46	A

T4	2	5.21	A
T5	2	5.17	A
T3	2	4.395	A
T1	2	4.0250	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

ANOVA unidireccional: Gomosidad (g) vs. TRATAMIENTO

Método

Hipótesis nula      Todas las medias son iguales

Hipótesis alterna      Por lo menos una media es diferente

Nivel de significancia  $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor      Niveles      Valores

TRATAMIENTO      5      T1; T2; T3; T4; T5

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	4	81.24	20.309	5.29	0.048
Error	5	19.21	3.841		

Total 9 100.44

### Resumen del modelo

	R-cuad.	R-cuad.	
S	R-cuad. (ajustado)	(pred)	
1.95985	80.88%	65.58%	23.52%

### Medias

TRATAMIENTO	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
T1	2	7.400	0.707	(3.838; 10.962)
T2	2	13.80	3.96	(10.24; 17.36)
T3	2	5.800	1.273	(2.238; 9.362)
T4	2	6.550	0.354	(2.988; 10.112)
T5	2	7.800	1.131	(4.238; 11.362)

Desv.Est. agrupada = 1.95985

### Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación
T2	2	13.80	A
T5	2	7.800	A B
T1	2	7.400	A B

T4	2	6.550	A B
T3	2	5.800	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

## COLORIMETRIA

Estadísticos descriptivos: L\*; a\*; b\*; C\*; h\*

Variable TRATAMIENTO Media Desv.Est.

L*	T1	41.480	0.424
	T2	22.16	2.03
	T3	35.38	4.41
	T4	32.490	1.287
	T5	42.010	0.453

a*	T1	10.330	0.523
	T2	-16.530	0.537
	T3	4.045	0.841
	T4	5.330	0.396
	T5	9.470	0.269

b*	T1	18.115	0.403
	T2	0.055	0.488
	T3	10.065	0.0212
	T4	7.9650	0.1344
	T5	10.835	0.233

C*	T1	20.855	0.0919
----	----	--------	--------

	T2	16.535	0.530
	T3	10.860	0.339
	T4	9.585	0.332
	T5	14.395	0.00707
h*	T1	60.30	1.78
	T2	179.84	1.67
	T3	68.16	4.09
	T4	56.26	1.54
	T5	48.85	1.41

ANOVA unidireccional: L\* vs. TRATAMIENTO

Método

Hipótesis nula      Todas las medias son iguales

Hipótesis alterna      Por lo menos una media es diferente

Nivel de significancia  $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor      Niveles      Valores

TRATAMIENTO      5      T1; T2; T3; T4; T5

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	4	524.24	131.061	25.63	0.002
Error	5	25.57	5.113		
Total	9	549.81			

### Resumen del modelo

	R-cuad.	R-cuad.	S R-cuad. (ajustado)	(pred)
2.26123	95.35%	91.63%	81.40%	

### Medias

TRATAMIENTO	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
T1	2	41.480	0.424	(37.370; 45.590)
T2	2	22.16	2.03	( 18.04; 26.27)
T3	2	35.38	4.41	( 31.26; 39.49)
T4	2	32.490	1.287	(28.380; 36.600)
T5	2	42.010	0.453	(37.900; 46.120)

Desv.Est. agrupada = 2.26123

### Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

TRATAMIENTO N Media Agrupación

T5	2	42.010	A
T1	2	41.480	A B
T3	2	35.38	A B
T4	2	32.490	B
T2	2	22.16	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

ANOVA unidireccional: a\* vs. TRATAMIENTO

Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales

Hipótesis alterna Por lo menos una media es diferente

Nivel de significancia  $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor Niveles Valores

TRATAMIENTO 5 T1; T2; T3; T4; T5

Análisis de Varianza

Fuente GL SC Ajust. MC Ajust. Valor F Valor p

TRATAMIENTO	4	964.845	241.211	804.23	0.000
Error	5	1.500	0.300		
Total	9	966.344			

### Resumen del modelo

	R-cuad.	R-cuad.		
	S	R-cuad. (ajustado)	(pred)	
	0.547659	99.84%	99.72%	99.38%

### Medias

TRATAMIENTO	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
T1	2	10.330	0.523	( 9.335; 11.325)
T2	2	-16.530	0.537	(-17.525; -15.535)
T3	2	4.045	0.841	( 3.050; 5.040)
T4	2	5.330	0.396	( 4.335; 6.325)
T5	2	9.470	0.269	( 8.475; 10.465)

Desv.Est. agrupada = 0.547659

### Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación
T1	2	10.330	A

T5	2	9.470	A
T4	2	5.330	B
T3	2	4.045	B
T2	2	-16.530	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

ANOVA unidireccional: b\* vs. TRATAMIENTO

Método

Hipótesis nula      Todas las medias son iguales

Hipótesis alterna    Por lo menos una media es diferente

Nivel de significancia  $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor    Niveles    Valores

TRATAMIENTO    5    T1; T2; T3; T4; T5

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	4	335.681	83.9203	886.26	0.000
Error	5	0.473	0.0947		

Total 9 336.155

### Resumen del modelo

	R-cuad.	R-cuad.	
S	R-cuad. (ajustado)	(pred)	
0.307717	99.86%	99.75%	99.44%

### Medias

TRATAMIENTO	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
T1	2	18.115	0.403	(17.556; 18.674)
T2	2	0.055	0.488	(-0.504; 0.614)
T3	2	10.0650	0.0212	(9.5057; 10.6243)
T4	2	7.9650	0.1344	(7.4057; 8.5243)
T5	2	10.835	0.233	(10.276; 11.394)

Desv.Est. agrupada = 0.307717

### Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación
T1	2	18.115	A
T5	2	10.835	B
T3	2	10.0650	B

T4	2	7.9650	C
T2	2	0.055	D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

ANOVA unidireccional: C\* vs. TRATAMIENTO

Método

Hipótesis nula      Todas las medias son iguales

Hipótesis alterna    Por lo menos una media es diferente

Nivel de significancia  $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
TRATAMIENTO	5	T1; T2; T3; T4; T5

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	4	163.861	40.9653	397.41	0.000
Error	5	0.515	0.1031		
Total	9	164.376			

## Resumen del modelo

R-cuad. R-cuad.  
 S R-cuad. (ajustado) (pred)  
 0.321061 99.69% 99.44% 98.75%

## Medias

TRATAMIENTO	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
T1	2	20.8550	0.0919	(20.2714; 21.4386)
T2	2	16.535	0.530	( 15.951; 17.119)
T3	2	10.860	0.339	( 10.276; 11.444)
T4	2	9.585	0.332	( 9.001; 10.169)
T5	2	14.3950	0.0071	(13.8114; 14.9786)

Desv.Est. agrupada = 0.321061

## Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación
T1	2	20.8550	A
T2	2	16.535	B
T5	2	14.3950	C
T3	2	10.860	D
T4	2	9.585	D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

ANOVA unidireccional: h\* vs. TRATAMIENTO

Método

Hipótesis nula      Todas las medias son iguales

Hipótesis alterna      Por lo menos una media es diferente

Nivel de significancia  $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor      Niveles      Valores

TRATAMIENTO      5      T1; T2; T3; T4; T5

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	4	23988.2	5997.05	1106.54	0.000
Error	5	27.1	5.42		
Total	9	24015.3			

Resumen del modelo

R-cuad. R-cuad.

S R-cuad. (ajustado) (pred)

2.32801 99.89% 99.80% 99.55%

Medias

TRATAMIENTO	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
T1	2	60.30	1.78	( 56.07; 64.53)
T2	2	179.84	1.67	(175.61; 184.07)
T3	2	68.16	4.09	( 63.93; 72.40)
T4	2	56.26	1.54	( 52.03; 60.49)
T5	2	48.85	1.41	( 44.62; 53.08)

Desv.Est. agrupada = 2.32801

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación
T2	2	179.84	A
T3	2	68.16	B
T1	2	60.30	B C
T4	2	56.26	C D
T5	2	48.85	D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Estadísticos descriptivos: ACEPTABILIDAD; COMPRA

Variable	MUESTRAS	Media	Desv.Est.
ACEPTABILIDAD	T1	6.029	2.153
	T2	5.857	2.228
	T3	7.029	1.761
	T4	5.886	2.191
	T5	4.686	2.459
COMPRA	T1	3.543	1.282
	T2	3.314	1.336
	T3	4.043	0.955
	T4	3.471	1.224
	T5	2.671	1.432

ANOVA unidireccional: ACEPTABILIDAD vs. MUESTRAS

Método

Hipótesis nula      Todas las medias son iguales

Hipótesis alterna      Por lo menos una media es diferente

Nivel de significancia  $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

### Información del factor

Factor Niveles Valores

MUESTRAS 5 T1; T2; T3; T4; T5

### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
MUESTRAS	4	193.7	48.417	10.28	0.000
Error	345	1624.6	4.709		
Total	349	1818.3			

### Resumen del modelo

	R-cuad.	R-cuad.	
S	R-cuad. (ajustado)	(pred)	
2.17004	10.65%	9.62%	8.04%

### Medias

MUESTRAS	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
T1	70	6.029	2.153	(5.518; 6.539)
T2	70	5.857	2.228	(5.347; 6.367)
T3	70	7.029	1.761	(6.518; 7.539)
T4	70	5.886	2.191	(5.376; 6.396)
T5	70	4.686	2.459	(4.176; 5.196)

Desv.Est. agrupada = 2.17004

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

MUESTRAS N Media Agrupación

T3	70	7.029	A
T1	70	6.029	A B
T4	70	5.886	B
T2	70	5.857	B
T5	70	4.686	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

ANOVA unidireccional: COMPRA vs. MUESTRAS

Método

Hipótesis nula      Todas las medias son iguales

Hipótesis alterna      Por lo menos una media es diferente

Nivel de significancia  $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

### Información del factor

Factor Niveles Valores

MUESTRAS 5 T1; T2; T3; T4; T5

### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
MUESTRAS	4	68.36	17.090	10.83	0.000
Error	345	544.21	1.577		
Total	349	612.57			

### Resumen del modelo

	R-cuad.	R-cuad.	S	R-cuad. (ajustado)	(pred)
	1.25596	11.16%	10.13%	8.57%	

### Medias

MUESTRAS	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
T1	70	3.543	1.282	(3.248; 3.838)
T2	70	3.314	1.336	(3.019; 3.610)
T3	70	4.043	0.955	(3.748; 4.338)
T4	70	3.471	1.224	(3.176; 3.767)
T5	70	2.671	1.432	(2.376; 2.967)

Desv.Est. agrupada = 1.25596

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

MUESTRAS N Media Agrupación

T3	70	4.043	A
T1	70	3.543	A B
T4	70	3.471	A B
T2	70	3.314	B
T5	70	2.671	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.