

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



Efecto de la mezcla de pulpa de banano seda (*Musa paradisiaca*)  
Gross Michell, residuos de pulpa de naranja (*Citrus sinensis*) Valencia  
en polvo y leche entera sobre las características fisicoquímicas y  
aceptabilidad general de un helado tipo crema

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**CAROLINA JOSEFINA TORREJÓN DÁVALOS**

**TRUJILLO, PERÚ**

**2020**

La presente tesis ha sido revisada y aprobada por el siguiente Jurado:



---

Ing. Dr. Carlos Eduardo Lescano Anadón

PRESIDENTE



---

Ing. Ms. Luis Francisco Márquez Villacorta

SECRETARIO



---

Ing. Ms. Ana Cecilia Ferradas Horna

VOCAL



---

Ing. Dr. Antonio Ricardo Rodríguez Zevallos

ASESOR

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi madre, Ana María Dávalos Zafra por su apoyo incondicional para alcanzar un objetivo más en la vida, con lo que me permite dar un paso más en mi formación profesional.

A mis hermanos por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento. A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y me acompañan en todos mis sueños y metas.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco al Dr. Antonio Ricardo Rodríguez Zevallos, como maestro y asesor. Por su experiencia, conocimiento científico y consejos, se desarrolló esta investigación de manera acertada y satisfactoria.

A los miembros del Jurado Evaluador: Dr. Carlos Lescano Anadón, Ms. Luis Francisco Márquez Villacorta, Ms. Ana Cecilia Ferradas Horna, por sus sugerencias constructivas.

A mis profesores de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias, por su contribución en mi formación profesional y personal.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón; sin importar en donde estén, quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

## ÍNDICE GENERAL

Pág.

CARÁTULA .....	i
APROBACIÓN POR EL JURADO DE TESIS.....	ii
DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
ÍNDICE GENERAL .....	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA.....	4
2.1. Banano... ..	4
2.1.1. Generalidades.....	4
2.1.2. Composición química y nutricional del banano .....	4
2.1.3. Variedades de bananos .....	6
2.1.4. Producción nacional del banano .....	7
2.2. Naranja.....	8
2.2.1. Generalidades.....	8
2.2.2. Composición química y nutricional de la naranja .....	9
2.2.3. Variedades de naranja .....	11
2.3. Residuos agroindustriales .....	11
2.3.1. Generalidades.....	11
2.3.2. Residuos cítricos en la industria alimentaria .....	14
2.3.3. Fibra cítrica .....	14
2.4. Helado .....	16
2.4.1. Generalidades.....	16
2.4.2. Clasificación .....	16
2.4.3. Ingredientes para la elaboración del helado.....	18

	Pág.
2.5. Diseño de experimentos con mezclas .....	20
2.5.1. Generalidades.....	20
2.5.2 Modelo Simplex con Centroides .....	20
2.5.3. Optimización estadística .....	22
III. MATERIALES Y METODOS.....	24
3.1. Lugar de ejecución .....	24
3.2. Materia prima y materiales.....	24
3.3. Equipos e instrumentos.....	25
3.4. Metodología .....	25
3.4.1. Esquema experimental para la evaluación de un helado tipo crema con mezclas de pulpa de banano seda Gross Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera.....	25
3.4.2. Procedimiento experimental para la elaboración de la pulpa de banano seda Gross Michell.....	29
3.4.3. Procedimiento experimental para la elaboración de un helado tipo crema con mezclas de pulpa de banano seda Gross Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera.....	31
3.5. Métodos de análisis .....	33
3.5.1. Viscosidad aparente .....	33
3.5.2. Color .....	33
3.5.3. Fibra cruda .....	34
3.5.4. Overrun.....	35
3.5.5. Fusión.....	35
3.5.6. Aceptabilidad general .....	36
3.6. Métodos estadísticos .....	39
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	40

4.1. Efecto de la mezcla de pulpa de banano seda Gross Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera sobre la viscosidad aparente en helado tipo crema .....	40
4.2. Efecto de la mezcla de pulpa de banano seda Gross Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera sobre el color en helado tipo crema .....	42
4.3. Efecto de la mezcla de pulpa de banano seda Gross Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera sobre la fibra cruda en helado tipo crema .....	46
4.4. Efecto de la mezcla de pulpa de banano seda Gross Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera sobre el overrun en helado tipo crema .....	51
4.5. Efecto de la mezcla de pulpa de banano seda Gross Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera sobre la fusión en helado tipo crema.....	56
4.6. Efecto de la mezcla de pulpa de banano seda Gross Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera sobre la aceptabilidad general en helado tipo crema .....	57
4.7. Optimización multirespuesta de la mezcla de pulpa de banano seda Gross Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera en helado tipo crema .....	62
V. CONCLUSIONES.....	64
VI. RECOMENDACIONES .....	65
VII. REFERENCIAS.....	66
VIII. ANEXOS .....	76

## ÍNDICE DE CUADROS

Pág.

Cuadro 1. Composición química y nutricional del banano seda .....	5
Cuadro 2. Producción nacional del banano .....	8
Cuadro 3. Producción nacional de la naranja .....	9
Cuadro 4. Composición química y nutricional de la naranja .....	10
Cuadro 5. Contenido de fibra dietética de residuos agroindustriales.....	15
Cuadro 6. Variables independientes codificados para el diseño de mezclas de pulpa de banano seda Gross Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera .....	26
Cuadro 7. Mezclas del diseño de mezclas de pulpa de banano seda Gross Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera.....	26
Cuadro 8. Formulaciones del helado tipo crema con mezclas de pulpa de banano seda Gross Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera en porcentajes .....	27
Cuadro 9. Análisis de varianza para los diferentes modelos fijados para la viscosidad aparente en helado tipo crema.....	42
Cuadro 10. Análisis de varianza para los diferentes modelos fijados para el color (L*) aparente en helado tipo crema.....	44
Cuadro 11. Análisis de varianza para los diferentes modelos fijados para el color (a*) aparente en helado tipo crema.....	45
Cuadro 12. Análisis de varianza para los diferentes modelos fijados para el color (b*) aparente en helado tipo crema.....	46
Cuadro 13. Análisis de varianza para los diferentes modelos fijados para la fibra en helado tipo crema .....	50
Cuadro 14. Coeficientes de regresión del modelo fijado para la fibra en helado tipo crema .....	50

Cuadro 15. Análisis de varianza para los diferentes modelos fijados para el overrun aparente en helado tipo crema .....	56
Cuadro 16. Coeficientes de regresión del modelo fijado para el overrun en helado tipo crema .....	55
Cuadro 17. Análisis de varianza para los diferentes modelos fijados para la fusión en helado tipo crema .....	57
Cuadro 18. Análisis de varianza para los diferentes modelos fijados para la aceptabilidad general en helado tipo crema .....	61
Cuadro 19. Coeficientes de regresión del modelo fijado para la aceptabilidad general en helado tipo crema .....	62

## ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Esquema experimental para investigación sobre el helado tipo crema con mezclas de pulpa de banano seda Gross Michell, residuos de pulpa de naranja en polvo y leche entera.....	27
Figura 2. Diagrama de flujo para la elaboración de la pulpa de banano seda Gross Michell .....	30
Figura 3. Diagrama de flujo para la elaboración del helado tipo crema con la combinación de pulpa de banano seda Gross Michell, residuos de pulpa de naranja en polvo y leche entera .....	32
Figura 4. Ficha de evaluación para la prueba de aceptabilidad general del helado tipo crema con la combinación de pulpa de banano seda Gross Michell, residuos de pulpa de naranja en polvo y leche entera.....	38
Figura 5. Contornos del efecto simple y combinaciones de las concentraciones de pulpa de banano seda Groos Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera sobre la fibra cruda en helado tipo crema .....	47
Figura 6. Superficie de respuesta de las concentraciones de pulpa de banano seda Groos Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera sobre la fibra cruda en helado tipo crema .....	48

Figura 7. Contornos del efecto simple y combinaciones de las concentraciones de pulpa de banano seda Groos Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera sobre el overrun en helado tipo crema .....	52
Figura 8. Superficie de respuesta de las concentraciones de pulpa de banano seda Groos Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera sobre el overrun en helado tipo crema .....	53
Figura 9. Contornos del efecto simple y combinaciones de las concentraciones de pulpa de banano seda Groos Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera sobre la aceptabilidad general en helado tipo crema .....	58
Figura 10. Superficie de respuesta de las concentraciones de pulpa de banano seda Groos Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera sobre la aceptabilidad general en el helado tipo crema .....	59
Figura 11. Optimización de las mezclas de pulpa de banano seda Groos Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera sobre la aceptabilidad general en helado tipo crema .....	63

## ÍNDICE DE ANEXOS

Pág.

Anexo 1. Valores de la viscosidad aparente del helado tipo crema con la mezcla de pulpa de banano seda Gross Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera .....	77
Anexo 2. Valores del color (L*) del helado tipo crema con la mezcla de pulpa de banano seda Gross Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera .....	78
Anexo 3. Valores del color (a*) del helado tipo crema con la mezcla de pulpa de banano seda Gross Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera .....	79
Anexo 4. Valores del color (b*) del helado tipo crema con la mezcla de pulpa de banano seda Gross Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera .....	80
Anexo 5. Valores de la fibra del helado tipo crema con la mezcla de pulpa de banano seda Gross Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera .....	81
Anexo 6. Valores del overrun del helado tipo crema con la mezcla de pulpa de banano seda Gross Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera .....	82
Anexo 7. Valores de la fusión del helado tipo crema con la mezcla de pulpa de banano seda Gross Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera .....	83
Anexo 8. Diseño de bloques incompleto balanceado en prueba de aceptabilidad general .....	84
Anexo 9. Calificaciones de la aceptabilidad general del helado tipo crema con la mezcla de pulpa de banano seda Gross Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera .....	85
Anexo 10. Caracterización de la pulpa de banano seda Gross Michell y leche entera .....	8

## RESUMEN

Se evaluó el efecto de la mezcla de pulpa de banano seda (*Musa paradisiaca*) Gross Michell (15-20%), residuos de pulpa de naranja (*Citrus sinensis*) Valencia en polvo (0-5%) y leche entera (45-50%) sobre la viscosidad aparente, color, fibra cruda, overrun, fusión y aceptabilidad general de un helado tipo crema. Se utilizó la técnica de diseño de mezclas simples con centroide ampliado y una optimización multirespuesta mediante una superposición de contornos de las respuestas que pudieron ser modeladas. Para el análisis sensorial de los 10 tratamientos, se brindaron 5 a cada juez en forma balanceada y aleatoria y se realizó un arreglo de distribución de tratamientos, bloques, repeticiones y pares de tratamientos. La mezcla de pulpa de banano seda Gross Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera presentó efecto significativo ( $p < 0.05$ ) sobre la fibra cruda, overrun y aceptabilidad general, caso contrario, para la viscosidad aparente, color y fusión de un helado tipo crema. Se determinó que la mezcla de pulpa de banano Gross Michell al 15.46%, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo al 0.29% y leche entera al 49.25% permitió obtener los mejores valores de respuestas optimas predichas de fibra cruda con 3.19%, overrun con 40.73% y aceptabilidad general con 6.7 puntos en el helado tipo crema.

## ABSTRACT

The effect of the mixture of silk banana pulp (*Musa paradisiaca*) Gross Michell (15-20%), orange pulp residues (*Citrus sinensis*) Valencia powder (0-5%) and whole milk (45-50%) on the viscosity, color, crude fiber, overrun, melting and general acceptability of a cream type ice cream was evaluated. The simple mixture design technique with extended centroid was used, followed by a multi-answer optimization by superimposing the contours of the answer that could be modeled. For the sensory analysis of the 10 treatments, 5 were given to each judge in a balanced and random way, and an arrangement of distribution of treatments, blocks, repetitions and pairs of treatments was made. The mixture of Gross Michell silk banana pulp, powdered Valencia orange pulp residues and whole milk presented a significant effect through the analysis of variance of the fiber, overrun and general acceptability, otherwise for the apparent viscosity, color and melting point of a cream type ice cream. It was determined that the mixture of 15.46% Gross Michell banana pulp, 0.29% Valencia orange pulp residues and 49.25% whole milk allowed to obtain the best values of predicted optimal responses of crude fiber with 3.19%, overrun with 40.73% and general acceptability with 6.7 points in cream type ice cream.

## I. INTRODUCCIÓN

La globalización de los productos alimentarios obliga a las industrias a desarrollar productos nutricionales para satisfacer las necesidades de la población; sobre todo en su composición nutricional y sensorial, así mismo, lograr un cambio en el consumo de alimentos, ya que la mayoría de la población no lleva un control estricto en la alimentación y esto afecta la salud. Por tanto, se debe diversificar los productos alimenticios, que reúnen características nutricionales apropiadas para el consumo humano. La mejor vía para prevenir deficiencia de micronutrientes es el consumo de una dieta balanceada adecuada en cuanto a calidad y cantidad de dichos nutrientes (Dublán y Montúfar, 2014).

La nueva tendencia con respecto al consumo de estos alimentos ha impulsado a la industria alimentaria a desarrollar nuevos productos, especialmente en heladería e identificar dichos componentes que pueden mejorar la salud, el bienestar y reducir el riesgo o retrasar la aparición de importantes enfermedades. Si estos componentes se aplican a un alimento, este se convierte en alimento funcional, y si se combinan con un estilo de vida saludable, contribuye de forma positiva a mejorar la salud y el bienestar (Vieira y otros, 2016). La cáscara, semillas y bagazo de los cítricos tienen un contenido considerable de fibra dietética de tipo soluble, poseen efectos benéficos a la salud, ya que se relaciona con la disminución de glucosa y colesterol en la sangre, e incremento en los movimientos peristálticos intestinales, y aún no han sido aprovechados industrialmente de manera adecuada (Yanquilar, 2015).

Las fibras más utilizadas en la elaboración de alimentos proceden de cereales; sin embargo, las fibras procedentes de vegetales (verduras y hortalizas) y frutas son consideradas en general de mayor calidad nutricional y tecnológica (Comas y otros, 2013). De este modo se han

realizado estudios para la obtención y determinación de la composición de diversas fibras vegetales como: maracuyá, residuos del pelado de manzanas, peras, naranjas, durazno, alcachofa y espárrago, del proceso de elaboración del jugo de limón y de pulpa de manzana, grosella negra, pera, cereza y zanahoria. En los últimos años estos remanentes son aprovechados industrialmente como abono o polvos utilizados como ingredientes en la industria alimentaria, farmacéutica u otros (Dervisoglu y Yazici, 2016).

El banano es una fruta ampliamente cultivada en Perú y consumida en el mundo debido a su agradable aroma y sabor; además, de poseer considerables cantidades de energía (309 kJ/100 g), minerales (calcio 0.067 mg/100 g, hierro 0.256/100 g y potasio 0.063/100 g) y vitaminas A, C y B<sub>6</sub> (Melo y otros, 2015). Además, agricultores de banano de seda en El Molino en Cajanleque tienen una variedad de banano con características de exportación, ya que el propósito es obtener frutos en cualquier época del año y promover su cultivo en zonas aledañas para incrementar la producción dentro del proyecto CHAVIMOCHIC; así mismo, posee mejores características sensoriales debido al clima de la localidad, calidad de suelo, salinidad y humedad permanente. La localidad de Cajanleque se encuentra en Chocope, provincia de Ascope en La Libertad, considerada actualmente Capital regional del banano (AGROLALIBERTAD, 2019).

El consumo promedio per cápita de helado en el Perú es de 1.7 L. El incremento en el consumo de helados en el país, se explica tanto por la mejora de la situación económica de los consumidores y por la renovación nutricional del sector, es decir, la creación de nuevos y originales productos, que amplían las opciones para el consumidor (Gestión, 2018).

Por todo lo expuesto, se debe diversificar los productos de lácteos y derivados, que reúnan características nutricionales y atributos sensoriales para el consumo humano. Además, los bananos que no reúnen las características de exportación, pero tienen las mismas características sensoriales y nutricionales, pueden usarse en la elaboración de helados, aportando un sabor agradable en el helado tipo crema, destacando la composición fisicoquímica del banano y residuos de pulpa de naranja en polvo, por su valor nutricional y contenido de fibra respectivamente. El problema planteado fue:

¿Cuál será el efecto de la mezcla de pulpa de banano seda (*Musa paradisiaca*) Gross Michell (15-20%), residuos de pulpa de naranja (*Citrus sinensis*) Valencia en polvo (0-5%) y leche entera (45-50%) sobre la viscosidad aparente, color, fibra cruda, overrun, fusión y aceptabilidad general de un helado tipo crema?

Los objetivos planteados fueron:

Evaluar el efecto de la mezcla de pulpa de banano seda Gross Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera sobre la viscosidad aparente, color, fibra cruda, overrun, fusión y aceptabilidad general de un helado tipo crema.

Determinar la mezcla de pulpa de banano seda Gross Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera, que permitan obtener los mejores valores de viscosidad aparente, color, mayor fibra cruda, mayor overrun, menor fusión y la mayor aceptabilidad general de un helado tipo crema.

## II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA

### 2.1. Banano

#### 2.1.1. Generalidades

El banano es uno de los frutos tropicales que ha estado presente en diversas culturas y civilizaciones humanas, durante varios miles de años, ya que se considera una de las primeras frutas que cultivaron los agricultores primitivos. En año 327 A.C. Alejandro Magno descubrió la planta cultivada en el Valle de Indo, en la India. Posteriormente, durante el siglo XVIII, el botánico Linneo, tomando en cuenta las anteriores características le dio el nombre de *Musa sapientum* que significa Musa de los sabios (AGROLALIBERTAD, 2019).

Esta fruta tropical posee una excelente combinación de minerales y vitaminas que proporcionan energía y la convierten en un alimento indispensable en cualquier dieta. La ingesta del banano favorece regímenes y en tratamientos para la diabetes, y disminución del índice glucémico. Además, es complemento perfecto para personas con gran actividad física, como niños y deportistas (Melo y otros, 2015).

#### 2.1.2. Composición química y nutricional del banano

La pulpa puede proporcionar hasta el 23% de potasio que se necesita al día, aportando al control del equilibrio electrolítico del organismo, siendo esencial para la función muscular, la transmisión de impulsos nerviosos y buen funcionamiento del corazón y riñones, y a controlar la presión arterial y a bajar el nivel de colesterol (Blasco y Gómez, 2014). Además, contiene el 41% del requerimiento necesario de vitamina B<sub>6</sub> al día, ayudando a mejorar el humor para personas con depresión y síndrome pre-menstrual, ya que está integrada por las moléculas de piridoxal, piridoxina y piridoxamina las cuáles tienen un papel atenuante en el metabolismo de varios neurotransmisores

(serotonina, norepinefrina, sistema colinérgico, dopamina y ácido  $\gamma$ -aminobutírico) (Casallas, 2015).

El banano es una fruta que contiene magnesio, un mineral que actúa como relajante natural de los músculos y el sistema nervioso, por lo tanto, es muy recomendable para las personas que sufren de nerviosismo, estrés, insomnio y calambres musculares (López y Gómez, 2014). En el Cuadro 1, se presenta la composición química y nutricional del banano seda, presentando mayor contenido de carbohidratos (21 g/100 g comestible).

Cuadro 1. Composición química y nutricional del banano seda

Componentes	en 100 g comestible
Agua (g)	76.2
Proteínas (g)	1.5
Carbohidratos (g)	21.0
Fibra (g)	2.6
Energía (kJ)	309
Vitamina A (UI)	3.0
Riboflavina (mg)	0.05
Niacina (mg)	0.79
Tiamina (mg)	0.03
Vitamina C (mg)	4.30
Calcio (mg)	5.0
Hierro (mg)	0.60
Zinc (mg)	0.15
Fósforo (mg)	27.0

Fuente: Tablas Peruanas de Composición de Alimentos (2017)

### 2.1.3. Variedades de bananos

Las plantas silvestres de bananos se encuentran en la selva de Malasia, probable lugar de origen (Flores, 2011). A continuación, se presentan las variedades de banano de mayor producción a nivel nacional (Flores, 2011; Cárdenas, 2014).

- ❖ Ingiri. Es una variedad cuyo cultivo posee clones con el pseudotallo color verde blanquecino, verde amarillento y verde rosado salpicado de manchas oscuras. La planta en promedio mide 3 m de altura, con un diámetro en su base de 0.20 m. Por su apariencia puede producir entre nueve a catorce unidades por mano.
- ❖ Isla. Clon de la especie *paradisíaca* (resultado del cruce de *Musa acuminata* y *Musa balbisiana*). Banano con buena adaptación y difusión en zonas tropicales y subtropicales en Perú. Se cree que ha sido introducido de Asia vía Islas Canarias (de ahí su nombre) por los españoles. El pseudotallo tiene una tonalidad rosada lo mismo que las hojas y la pulpa de la fruta. Este fruto es alimento ideal para la elaboración de las papillas.
- ❖ Bellaco. Es una variedad también conocida con nombres de hartón o barraganeta. Perteneciente a la especie *paradisíaca*. Se cultiva en la selva como en la costa norte. Las flores masculinas son de color amarillo, el racimo maduro tiene 33 dedos de unos 45 cm de largo y un peso promedio de 650 g.
- ❖ Seda. Es el banano común, de cáscara gruesa que puede ser color amarillo verdoso, amarillo, amarillo-rojizo, con manchas negras y la pulpa de color blanca o ligeramente amarilla. Su nombre científico es *Musa paradisíaca* de la familia Musáceas. Los bananos tienen forma oblonga, alargada y algo curvado. Pueden pesar aprox. 200 g cada unidad y tener una longitud mínima de 14 cm y grosor mínimo de 2.7 cm.

- ❖ Manzano. Es la variedad del *Musa sapientum*. El fruto es cilíndrico, amarillo, aromático y pulpa bastante suave y dulce pero ligeramente ácida.
- ❖ Moquicho o Bizcochito. También conocido como banano de oro o mosquito. Los frutos son de forma curvada con ángulo de 45° hacia arriba del pedicelo, el número de frutos por mano es mayor de 17 y miden de 21 a 25 cm, la forma del fruto es curvada y transversalmente es un poco sobresalida en sus bordes y no tiene punta en el ápice. El color de la fruta madura es amarillo y la pulpa es de color blanco.
- ❖ Guayabo o Palillo. Fruto grande, transversalmente redondo. En su estado madurez llega a producir 120 dedos y pesa aprox. 270 g.
- ❖ Gross Michell. Es el banano de seda de El Molino, debido a que se produce en la Campiña El Molino, Cajanleque del distrito de Chocope, provincia de Ascope en La Libertad. Desarrollado en condiciones favorables en la zona para la producción durante todo el año y características organolépticas de exportación (AGROLALIBERTAD, 2019).

#### **2.1.4. Producción nacional del banano**

El cultivo del banano se caracteriza por ser un producto agrícola de gran expansión en la región selva y norte del país, las variedades de la producción en la selva son bellaco, ingiri, isla, palillo y moquicho y seda, mientras que, en el norte (Piura) produce la variedad Seda en su totalidad, siendo la zona exclusiva en esta variedad y destina la mayor producción para su comercialización a nivel nacional (Ministerio de Agricultura y Riego, 2019).

La producción del banano genera ingresos de corto plazo al productor, y empleos permanentes en las actividades de manejo de

plantación y abonamiento (Ministerio de Agricultura y Riego, 2019). En el Cuadro 2 se presenta la producción nacional del banano.

Cuadro 2. Producción nacional del banano

Región	Producción por año (miles de t)			
	2016	2017	2018	2019
Nacional	502.2	472.2	498.4	509.6
Huánuco	52.0	53.4	54.6	52.8
Junín	49.9	50.5	50.8	51.1
Loreto	66.8	64.1	65.7	67.2
Ucayali	59.7	63.2	65.9	66.4
Piura	58.7	39.4	46.2	56.7
San Martín	96.0	89.1	101.8	107.2

Fuente: Ministerio de Agricultura y Riego (2019)

## 2.2. Naranja

### 2.2.1. Generalidades

Es un fruto cítrico de nombre científico *Citrus sinensis*, que consta de varios carpelos o gajos fáciles de separar, cuales contiene pulpa de color variable entre el anaranjado y el rojo, y jugosa; además, posee varias semillas, está cubierta por una cáscara cuyo interior es blanco, que contienen numerosas glándulas llenas de aceites esenciales. Como todas las frutas cítricas contienen un 45% de zumo, 20 a 40% de cáscara y un 20 a 30% entre pulpa y semillas. Aproximadamente un 90% de su contenido es agua con un 5% de azúcares (Dias, 2013). En el Cuadro 3, se presenta la producción nacional de la naranja.

Cuadro 3. Producción nacional de la naranja

Años	Cantidad (t)
2019	591.45
2018	577.12
2017	564.78
2016	543.11
2015	502.16
2014	476.23
2013	447.45
2012	436.88

Fuente: Ministerio de Agricultura y Riego (2020)

Tal como se puede apreciar que la producción ha desarrollado un comportamiento creciente por las buenas prácticas de producción y los procesos tecnológicos, aunque no de una manera ininterrumpida debido a condiciones climáticas y factores de cosechado, y la región Junín es la región principal productora (48.9%) de naranja en el Perú (Ministerio de Agricultura y Riego, 2020).

### **2.2.2. Composición química y nutricional de la naranja**

En el Cuadro 4, se presenta la composición química y nutricional de la naranja. De su composición nutritiva, destaca su escaso valor energético, gracias a su elevado contenido en agua y su riqueza de vitamina C, ácido fólico y minerales como el potasio, el magnesio y calcio. Contiene cantidades apreciables de beta-caroteno, responsable de su color típico y conocido por sus propiedades antioxidantes; además de los ácidos málico, oxálico, tartárico y cítrico, esta última potencia la acción de la vitamina C. La cantidad de fibra es apreciable y ésta se encuentra sobre todo en la parte blanca entre la pulpa y la

corteza, por lo que su consumo favorece el tránsito intestinal (Dias, 2013).

Cuadro 4. Composición química y nutricional de la naranja

Componentes	En 100 g comestible
Agua (g)	88.5
Proteínas (g)	0.60
Carbohidratos (g)	10.10
Fibra (g)	2.40
Energía (kJ)	131.00
Vitamina A (UI)	11.00
Niacina (mg)	0.36
Riboflavina (mg)	0.04
Tiamina (mg)	0.09
Vitamina C (mg)	92.30
Calcio (mg)	23.00
Hierro (mg)	0.20
Zinc (mg)	0.07
Fósforo (mg)	51.00

Fuente: Tablas Peruanas de Composición de Alimentos (2017)

La vitamina C interviene en la formación de colágeno, huesos y dientes, glóbulos rojos y favorece la absorción del hierro de los alimentos y la resistencia a las infecciones. La provitamina A o beta caroteno se transforma en vitamina A en nuestro organismo conforme éste lo necesita; además, es esencial para la visión, el buen estado de la piel, el cabello, las mucosas, los huesos y para el buen funcionamiento del sistema inmunológico (Rosales, 2010).

El magnesio se relaciona con el funcionamiento de intestino, nervios y músculos, forma parte de huesos y dientes, mejora la

inmunidad y posee un suave efecto laxante. Los ácidos málico y cítrico poseen una acción desinfectante y alcalinizan la orina (Dias, 2013).

### **2.2.3. Variedades de naranja**

La mayoría de las variedades han surgido como mutaciones estables. Estas mutaciones son muy frecuentes en cítricos y se estabilizan rápidamente. Se pueden considerar 3 tipos de variedades (Montaño, 2011):

- Navel. Buena presencia, frutos partenocárpicos de gran tamaño, muy precoces. Destacan las variedades: Novélate, Navelina, Newhall, Washington Navel, Lane Late y Thompson. Se caracterizan por tener excelente resistencia. Es la variedad de naranjo más resistente al frío, se suele desverdizar para adelantar la recolección. Entra rápidamente en producción, y es una de las más cultivadas y con excelente calidad para consumo en fresco.
- Blancas. Dentro de este tipo destaca la Salustiana y Valencia Late (presenta frutos de buena calidad con una o muy pocas semillas y de buena conservación). Se caracterizan por ser árboles de gran vigor, frondosos, tamaño medio a grande y hábito de crecimiento abierto, aunque tienen tendencia a producir chupones verticales, muy vigorosos, en el interior de la copa.
- Sanguinas. Variedades muy productivas, la fructificación predomina sobre el desarrollo vegetativo. Son variedades con brotaciones cortas y los impedimentos en la circulación de la savia dan lugar al endurecimiento de ramas. Destaca la variedad Sanguinelli.

## **2.3. Residuos agroindustriales**

### **2.3.1. Generalidades**

El desarrollo de nuevos productos con gran contenido de fibra dietética es una alternativa para la industria alimentaria, ya que los

consumidores exigen alimentos que muestren propiedades principales referentes a los tradicionales aspectos nutricionales de los alimentos, y los beneficios adicionales para la salud de su ingestión regular. Los alimentos que cumplen con estos requisitos son a menudo llamados alimentos funcionales (Romero y otros, 2011).

Con la alteración de los hábitos alimenticios y los diferentes estilos de vida estresantes, es cada vez más reconocido que un sistema digestivo saludable es esencial para la calidad de vida global, por tanto, la fibra dietética juega un papel importante en la reducción de los riesgos de muchos trastornos como el estreñimiento intestinal, la diabetes, las enfermedades cardiovasculares y la obesidad, además, puede reducir la secreción de insulina por la reducción de la velocidad de absorción de nutrientes después de una comida, una propiedad que está particularmente asociada a la fracción soluble de la fibra (Romero y otros, 2011).

Los residuos agroindustriales generados durante el procesamiento de alimentos, son un problema económico y medioambiental, considerado una prometedora fuente de compuestos funcionales. Los frutos (naranja, manzana y melocotón) que son utilizados para la extracción de sus jugos, dichos residuos se pueden recuperar diferentes compuestos de alto valor, siendo notable la fracción de fibra dietética que tiene un gran potencial en la elaboración de alimentos funcionales (Madrigal y otros, 2015). Los residuos de cítricos como naranja y limón, son abundantes y baratos, también constituyen una fuente importante de fibra, ya que son muy ricos en pectinas. Otras frutas como uvas, manzanas, bananos, mangos y guayaba, que son principalmente comercializados en forma procesada, originan grandes cantidades de residuos consistentes en las cáscaras, huesos y semillas. Este material puede ser un factor restrictivo para la

comercialización de estos productos, si no es recuperado útilmente, ya que representa pérdidas significativas con respecto a la materia prima, lo que aumenta considerablemente el precio de los productos transformados (Hernández, 2016).

La fibra tiene una composición considerable de compuestos bioactivos asociados; proporcionando una buena vida útil; compatible con el procesamiento de alimentos; y aporta efectos fisiológicos adecuados. Cuando las fibras vegetales se añaden a un producto alimenticio, contribuyen a las propiedades de retención de agua y la viscosidad del producto. La fibra dietética de los cereales se utiliza con más frecuencia que el de las frutas; sin embargo, la fibra de la fruta tiene mejor calidad debido al mayor contenido de fracción soluble y total, la capacidad de retención de agua y aceite, así como, un menor contenido calórico. Por lo tanto, se hace necesario desarrollar procesos para la obtención de fibras de fruta que minimicen las pérdidas de compuestos bioactivos asociados que pueden tener mayores efectos de promoción de la salud de la fibra dietética en sí (Hernández, 2016).

La industria del zumo de fruta produce cantidades significativas de residuos que pueden causar problemas en su eliminación. Generalmente, estos productos son utilizados en la alimentación animal. Sin embargo, su gran cantidad de fibra dietética podría permitir el uso de ellos en el desarrollo de nuevos ingredientes naturales para la industria alimentaria. Con un mercado bien establecido para la fibra dietética es bastante evidente que un nuevo ingrediente, especialmente uno que podría estar vinculado a la posibilidad de obtener sus necesidades nutricionales mediante prácticas dietéticas normales, sería muy bien recibido (Madrigal y otros, 2015).

### **2.3.2. Residuos cítricos en la industria alimentaria**

La elaboración de zumos representa casi la mitad del consumo total de la fruta cítrica, con una tendencia al aumento en coherencia con el cambio de los hábitos de consumo hacia productos con un mayor nivel de transformación. Esto, supone la acumulación de grandes cantidades de cortezas (50% del peso del fruto) y generación de estos excedentes alterando el medio ambiente, y que en el caso de la corteza han tenido tradicionalmente un aprovechamiento industrial de escasa rentabilidad. La corteza tiene una interesante composición nutricional e incluso aplicaciones en la industria farmacéutica por sus propiedades funcionales, y además como enriquecedores en productos de panificación. Entre estos componentes funcionales cabe destacar los flavonoides de aplicación en la industria farmacéutica por su actividad biológica (acción preventiva de la fragilidad capilar); la pectina, que forma parte de la fibra dietética natural, de gran importancia en la dieta diaria para el adecuado funcionamiento del organismo; los carotenoides (colorantes naturales y provitamina A). También se ha comprobado que las características sensoriales de la fibra dietética de los cítricos no afectan en alto grado las propiedades del producto donde se apliquen (Hernández, 2016).

### **2.3.3. Fibra cítrica**

El aprovechamiento de lo que hasta ahora se consideraban desechos dentro de la industria agroalimentaria y la creación de alimentos funcionales que respondan a las nuevas demandas de los consumidores (Neacsu y otros, 2015). En el Cuadro 5, se presenta el contenido de fibra dietética de residuos agroindustriales.

Existe en el mercado polvo de residuos de pulpa de naranja de la marca Citri-Fi, que se usa principalmente para ligar humedad, adicionar o reemplazar parcialmente el aceite, la grasa, los huevos y la

carne; reemplazar fosfatos, crear sinergia con fosfatos y kappa carragenina, espesar y estabilizar las emulsiones de los alimentos. Los residuos de pulpa de naranja Citri-Fi presenta un alto contenido de fibra dietética de 58.2% (de los cuales el 3.3% es soluble y el 54.9% insoluble), carbohidratos (13.6%), proteína (8.2%), cenizas (2.6%) y humedad (7.4%) (Fiberstar, 2016).

Cuadro 5. Contenido de fibra dietética de residuos agroindustriales

Residuos agroindustriales	Fibra dietética total (FDT) (%)	Fibra dietética soluble (FDS) (%)	Fibra dietética insoluble (FDI) (%)
Cáscara de mango	14.45	1.17	13.28
Cáscara de naranja	9.58	2.13	7.45
Polvo de cáscara de mango	59.24	3.11	56.13
Polvo de residuos de pulpa de naranja	58.22	3.30	54.90
Polvo de cáscara de piña	65	19.5	45.5
Cáscara de banano	38.7	30.5	8.3
Salvado de arroz	27.04	-	-
Cáscara de limón	65.42	-	-

Fuente: Chárfer, Ortolá, Chiralt y Fito (2017)

Cuando el polvo de residuos de pulpa de naranja de la marca Citri-Fi se utiliza para la adición en helados, tiene las mismas características sensoriales que el producto original. La adición de Citri-Fi también retarda el tiempo que tarda en derretirse el helado en comparación con el producto de referencia (Fiberstar, 2016).

## **2.4. Helado**

### **2.4.1. Generalidades**

Es un derivado lácteo congelado, elaborado a partir del enfriamiento de una mezcla pasteurizada y agitada con el propósito de incorporarle aire, y lograr homogeneidad en la consistencia. La mezcla está formada de una combinación de productos derivados de la leche, incluyendo grasa y sólidos no grasos propios de ella, azúcar líquida como dextrosas o jarabes de maíz, agua y se puede incluir otros insumos alimentarios (huevo, saborizantes, estabilizantes y emulsificantes) (Norma Técnica Peruana 202.057).

La interacción entre sus componentes resulta ser muy compleja. El agua y el aire son dos constituyentes importantes del helado. El agua está presente tanto en forma líquida como sólida o como mezcla de ambos. El aire se encuentra disperso a través de la emulsión agua-grasa compuesta por agua líquida, cristales de hielo y glóbulos de grasa solidificados. La interfase entre el agua y el aire se mantiene estabilizada por una delgada película de material no congelado, mientras que la interfase de la grasa se compone por una capa emulsificante de grasa (Di Bartolo, 2005).

### **2.4.2. Clasificación**

Según la Norma Técnica Peruana 202.057 de leches y productos lácteos: helados (INDECOPI, 2006), estos se clasifican en: tipo crema, de leche, de leche desnatada, de frutas y sorbete.

Helados tipo crema. Tienen como ingrediente básico a la nata o crema de leche, por lo que su contenido en grasa de origen lácteo es más alto que el resto de los otros tipos de helados. La nata es un producto rico en materia grasa (18 - 55%) que se separa de la leche ascendiendo en

una vasija en reposo. Madrid y Cenzano (2003) hacen mención de la composición básica del helado:

- Azúcares. Están presentes en una proporción mínima del 13%. De ese total, la mitad debe ser sacarosa o azúcar común, pudiendo el resto corresponder a otros azúcares tales como glucosa, lactosa, etc.
- Grasa de leche. Cantidad de 8 - 9% como mínimo.
- Proteína láctea. Cantidad de 2.5% como mínimo.
- Extracto seco total. Como 29% mínimo. El extracto seco total es la cantidad de sólidos de un alimento. Es decir, es la suma de sus componentes (carbohidratos, proteínas, vitaminas, grasas y minerales.) exceptuando el agua.
- Espesantes, estabilizantes y emulgentes. Como máximo 1%.

Helados de leche. Tiene como ingrediente básico a la leche entera, con todo su contenido graso (3.0 - 4.5%). La composición básica en el helado de leche es la siguiente (INDECOPI, 2006):

- Azúcares. Como mínimo 13%, de los que al menos el 50% corresponden a sacarosa.
- Grasa de leche. Como mínimo 2.5%.
- Proteína láctea. Como mínimo 1.6%.
- Extracto seco total. Como mínimo 23%.
- Espesantes, estabilizantes y emulgentes. Como máximo 1%.

Helados de leche desnatada. Contiene en masa heladera como máximo un 0.30% de materia grasa exclusivamente de origen lácteo y como mínimo un 6% de extracto seco magro lácteo (INDECOPI, 2006).

Helados de frutas. Deben contener como mínimo una fracción de fruta del 20%, salvo el helado de limón en el que basta con el 10%. Hay cuatro tipos de helados de fruta de fabricación industrial: con

componentes lácteos y con aire batido, con pocos componentes lácteos y con aire batido, sin componentes lácteos y con aire batido, y sin componentes lácteos y sin aire batido (INDECOPI, 2006).

Sorbetes. Son productos congelados compuestos de azúcar, agua, fruta, color, sabor, estabilizante y, a veces, sólidos de leche en forma de leche descremada en polvo, leche entera en polvo o leche condensada (INDECOPI, 2006).

### **2.4.3. Ingredientes para elaboración de helados**

A continuación, se describen cada uno de los principales ingredientes para la elaboración del helado.

- Leche. Es el componente mayoritario de los helados a excepción de los sorbetes. Puede ser leche entera, desnatada, concentrada, evaporada, o bien, yogurt, suero o proteínas de suero. Lo más habitual es añadir leche en polvo desnatada debido a que es un producto homogéneo, estable y que se puede conservar a largo plazo (García, 2015). Además, la proteína láctea en el helado cumple varias funciones; actuar como emulsionante durante la homogenización del mix, que es como se denomina la mezcla base, y como agente tensioactivo durante el proceso de congelación (Sánchez, 2009).
- Agua. El agua debe ser incolora, inodora e insípida, excepto en aguas sometidas a tratamiento en que se tolera el ligero olor y sabor característicos del potabilizante bajo condiciones de uso en el procesamiento de alimentos (Sánchez, 2009).
- Grasa. Se puede emplear grasas comestibles más baratas en sustitución de la grasa de origen lácteo como la crema y la manteca. Dentro de las grasas comestibles podemos clasificarlas en tres grandes grupos: aceites (líquidos a temperatura ambiente), grasa vegetal (estado sólido a temperatura ambiente), grasas

animales (sólidas a temperatura ambiente e incluyen los sebos y las mantecas de origen animal). Este último grupo no es recomendable ya que incorporan sus propios sabores y es recomendable en cantidades mínimas (Di Bartolo, 2005).

- Sacarosa. Contribuye a aumentar los sólidos y proporciona un buen soporte a los aromas añadidos. Se utiliza en cantidades que van del 12 a 16% en el total de la mezcla de los helados de leche y para los sorbetes se agrega entre el 20 y 30%. El uso de la sacarosa como único azúcar en el helado puede ocasionar una consistencia muy dura a temperaturas de -18 °C (Del Castillo y Mestres 2004).
- Estabilizantes. Son aquellas sustancias que impiden el cambio de forma o naturaleza química de los productos alimenticios a los que se incorporan, inhibiendo reacciones o manteniendo el equilibrio químico de los mismos. Las sustancias espesantes son las que se añaden a los productos alimenticios para provocar la formación de un gel (Madrid y Cenzano, 2003). Forman soluciones coloidales, mejorando la textura, incrementan la firmeza y la viscosidad, y reducen la velocidad de difusión del agua y de las sales. También demoran el crecimiento de los cristales de hielo y lactosa mejorando con ello la estabilidad de los helados durante el almacenamiento. Los estabilizantes empleados para la elaboración de helados son la carragenina, agar agar, extractos de plantas; como goma guar, algarrobo y pectina, derivados de la celulosa y goma xantana (Del Castillo y Mestres 2004).
- Aire. Es un ingrediente básico. Tiene que ser limpio y libre de microorganismos. Si se trata de aire comprimido tiene que estar libre de aceite y agua, y filtrado en filtro estéril. Para conseguir la mejor textura y cuerpo, las burbujas de aire en el helado tienen que ser más pequeñas que 100  $\mu\text{m}$ , de esta manera también se intensifica el aroma. Cuanto más alto es el contenido en sólidos del helado, más cantidad de aire se acostumbra a añadir, aunque los

helados que contienen fruta y frutos secos requieren menos aire (Del Castillo y Mestres 2004).

## 2.5. Diseño de mezclas experimentales

### 2.5.1. Generalidades

Es un diseño experimental que se utiliza cuando los factores son los componentes o ingredientes de una mezcla y, por consiguiente, sus niveles no son independientes. Por ejemplo, si  $X_1, X_2, \dots, X_p$  denota las proporciones de  $p$  componentes de una mezcla, entonces:

$$0 \leq X_i \leq 1 \quad i = 1, 2, \dots, p$$

$$X_1 + X_2 + \dots + X_p = 1 \text{ (es decir, 100\%)}$$

Para dos componentes, el espacio de los factores del diseño incluye los valores que están sobre el segmento de la recta  $X_1 + X_2 = 1$ , cada componente acotado por 0 y 1. Con tres componentes, el espacio de la mezcla es un triángulo con vértices correspondientes a las formulaciones que son mezclas puras (100% de un solo componente).

Cuando hay tres componentes en la mezcla, la región experimental restringida puede representarse convenientemente en papel milimétrico lineal. Cada uno de los tres lados de la gráfica representa una mezcla que no contiene nada de alguno de los tres componentes (el componente indicado en el vértice opuesto). Las nueve líneas de graduación en cada dirección marcan incrementos de 10% en el componente respectivo (Montgomery, 2011).

### 2.5.2. Diseño Simplex con Centroide

Esta metodología permite la identificación de rangos de las variables que permiten la optimización a una respuesta mediante la

obtención de una ecuación de respuesta que permite describir el comportamiento de las variables sin implicar la realización de un conjunto completo de experimentos. Además, la aplicación de la función de la Deseabilidad como complemento al diseño, se pueden identificar valores exactos de las variables que optimizan una respuesta (Siche y otros, 2016).

La mezcla para los diseños simplex y simplex con centroides se encuentran en las orillas del espacio de factores simplex y con la excepción de un punto centroide que contiene la mezcla de todos los componentes. Es posible obtener mezclas más completas si se aumentan los diseños centroides simplex con mezclas sobre los ejes del espacio de factores (Puente, Romero, Rodríguez y Trejo, 2015)

Dentro de estos diseños de mezclas se encuentran los diseños símplex, que se usan para estudiar los efectos de los componentes de una mezcla sobre la variable de respuesta. Un diseño simplex reticular  $(p, m)$  para  $p$  componentes consta de los puntos definidos por los siguientes arreglos de las coordenadas: las proporciones asumidas por cada componente toman los  $m + 1$  valores que están separados por una distancia igual de 0 a 1.

$$i = 1, 2, \dots, p; X_i = 0, \frac{1}{m} + \frac{2}{m}, \dots, 1$$

y se usan todas las mezclas posibles de las proporciones. Así sea  $p=3$  y  $m=2$ ; entonces:

$$i = 1, 2, 3; X_i = 0, \frac{1}{2}, 1$$

Una crítica a los diseños símplex descritos antes es que la mayoría de las corridas ocurren en la frontera de la región y, por

consiguiente, incluyen solo  $p-1$  de los  $p$  componentes. Suele ser deseable aumentar el diseño simplex reticular o de centroide con puntos adicionales en el interior de la región donde las mezclas estarán formadas por la totalidad de los  $p$  componentes. Los modelos para mezclas difieren de los polinomios usuales empleados en los diseños de superficie de respuesta debido a la restricción ( $\sum X_i = 1$ ).

Las ecuaciones de los modelos para mezclas que se usan ampliamente son:

Lineal:  $E(y) = \sum \beta_i X_i$

Cuadrático:  $E(y) = \sum \beta_i X_i + \sum \sum \beta_{ij} X_i X_j$

Cúbico completo:  $E(y) = \sum \beta_i X_i + \sum \sum \beta_{ij} X_i X_j + \sum \sum \sum \beta_{ijk} X_i X_j X_k$

Cúbico especial:  $E(y) = \sum \beta_i X_i + \sum \sum \beta_{ij} X_i X_j + \sum \sum \sum \beta_{ijk} X_i X_j X_k$

Los términos de estos modelos tienen interpretaciones relativamente simples. En todas las ecuaciones, el parámetro  $\beta_i$  representa la respuesta esperada para la mezcla pura  $X_i = 1$  y  $X_j = 0$  cuando  $j \neq i$ . A la porción  $\sum \beta_i X_i$  se le llama porción de mezcla lineal. Cuando hay una curvatura derivada de una mezcla no lineal entre pares de componentes, los parámetros  $\beta_{ij}$  representan una mezcla sinérgica o bien antagónica. Los términos de órdenes superiores suelen ser necesarios en los modelos para mezclas porque 1) los fenómenos estudiados pueden ser complejos y 2) la región experimental con frecuencia es la región de operabilidad completa y requiere un modelo elaborado (Montgomery, 2011).

### 2.5.3. Optimización estadística

El Diseño Simplex con Centroide de la Metodología de Superficie de Respuesta consiste en un triángulo que representa todo el universo de posibilidades de mezcla de los tres ingredientes evaluados (pulpa de banano seda, residuos de pulpa de naranja en polvo y leche entera).

El análisis estadístico de regresión múltiple para evaluar el efecto de los ingredientes sobre el análisis fisicoquímico y sensorial será realizado con el paquete estadístico Desing-Expert® versión 7.0 y requerirá de un análisis de varianza ( $\alpha=0.05$ ) de modelos de regresión lineal, cuadrático y cúbico, para escoger el modelo más significativo ( $p<0.05$ ) y de mejor ajuste ( $R^2>0.85$ ) con el cual se construirá la superficie de respuesta para determinar los rangos de los tres ingredientes que optimizarán el mejor tratamiento. Para la determinación de la mezcla óptima de pulpa de banano seda Gross Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera que brinde los mejores resultados en las variables respuesta, se realizará una superposición de gráficos y se hallará la zona de operación, que optimice el proceso de elaboración de helado tipo crema.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Lugar de ejecución**

Las pruebas experimentales y los análisis se realizaron en el Laboratorio de Tecnología de Alimentos de la Escuela de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Privada Antenor Orrego.

#### **3.2. Materia prima e insumos**

##### **Material de investigación**

- Banano seda Gross Michell fue adquirido del mercado de abastos la Hermelinda de la provincia de Trujillo, región La Libertad, Perú.
- Residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo, marca Citri-Fi. Fue adquirido de la empresa Alitecno, Lima, Perú.

##### **Insumos**

- Leche entera envasada marca Gloria, fue adquirida del Mercado Zonal Palermo de la ciudad de Trujillo, región La Libertad, Perú.
- Crema de leche marca Gloria, fue adquirida de la empresa Suman Insumos Químicos de la ciudad de Trujillo, región La Libertad, Perú.
- Huevos frescos, fueron adquiridos de la empresa Avícola Doña Clarita de la ciudad de Trujillo, región La Libertad, Perú.
- Azúcar blanca marca Laredo, fue adquirida del Mercado Zonal Palermo de la ciudad de Trujillo, región La Libertad, Perú.
- Sorbato de potasio, fue adquirido de la empresa Suman Insumos Químicos de la ciudad de Trujillo, región La Libertad, Perú.
- CMC, fue adquirido de la empresa Suman Insumos Químicos de la ciudad de Trujillo, región La Libertad, Perú.

##### **Reactivos**

- Ácido sulfúrico (1.25%)
- Hidróxido de sodio (1.25%)
- Ácido clorhídrico (1.25%)

### 3.3. Equipos e instrumentos

- Balanza analítica. Marca Mettler Toledo. Modelo AB204. Capacidad: 0 a 210 g, sensibilidad aprox. 0.0001 g.
- Termómetro digital. Marca Multidigital. Rango de 50 a 200 °C. Precisión  $\pm 0.01$  °C.
- Viscosímetro digital. Marca Brookfield. Modelo RVDV-III+.
- Congeladora. Marca Bosch. Modelo Frost 44. Rango 0-8 °C. Precisión:  $\pm 2$  °C.
- Estufa Memmert. Modelo UNE-300. Rango 20-180 °C. Precisión 0.5 °C.
- Cocina industrial, 2 hornillas a gas. Marca Surge.
- Colorímetro Konica–Minolta. Modelo CR – 400.
- Horno mufla. Marca Terrigeno. Rango 0-1200 °C. Precisión 0.1 °C.
- pH metro. Marca Mettler Toledo. Rango de 0 a 14.
- Batidora manual. Marca Imaco, de 3 velocidades.
- Selladora. Marca Fischbein. Modelo CD200-110. Ancho de sellado: 200 mm - 110 voltios.
- Refractómetro. Marca Atago. Rango: 0-90 °Brix.

### 3.4. Metodología

#### 3.4.1. Esquema experimental para la evaluación del helado tipo crema con mezclas de pulpa de banano seda Gross Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera

Se utilizó un diseño de mezclas simplex con centroide ampliado, para la leche entera en la formulación tuvo un mínimo de 45% y un máximo de 50%, por ser un ingrediente fundamental en la elaboración de helados tipo crema. En el diseño experimental la mezcla de pulpa de banano seda Gross Michell tuvo como mínimo 15% y un máximo de 20%, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo como mínimo de 0% y un máximo de 5%. En los Cuadros 6 y 7

se presentan las 10 mezclas o tratamiento generados por las variables independientes.

Cuadro 6. Variables independientes codificadas para el diseño de mezclas de pulpa de banano seda Gross Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera

A: Leche entera	B: Pulpa de banano	C: Residuos de pulpa de naranja
1.000	0.000	0.000
0.000	1.000	0.000
0.000	0.000	1.000
0.500	0.500	0.000
0.500	0.000	0.500
0.000	0.500	0.500
0.333	0.333	0.333
0.667	0.167	0.167
0.167	0.667	0.167
0.167	0.167	0.667

Cuadro 7. Diseño de mezclas de pulpa de banano seda Gross Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera

Tratamientos	A: Leche entera	B: Pulpa de banano	C: Residuos de pulpa de naranja
1	50.00	15.00	0.00
2	45.83	15.83	3.33
3	45.83	18.33	0.83
4	45.00	20.00	0.00
5	45.00	17.50	2.50
6	47.50	15.00	2.50
7	47.50	17.50	0.00
8	48.33	15.83	0.83
9	46.67	16.67	1.67
10	45.00	15.00	5.00

**Restricciones:**

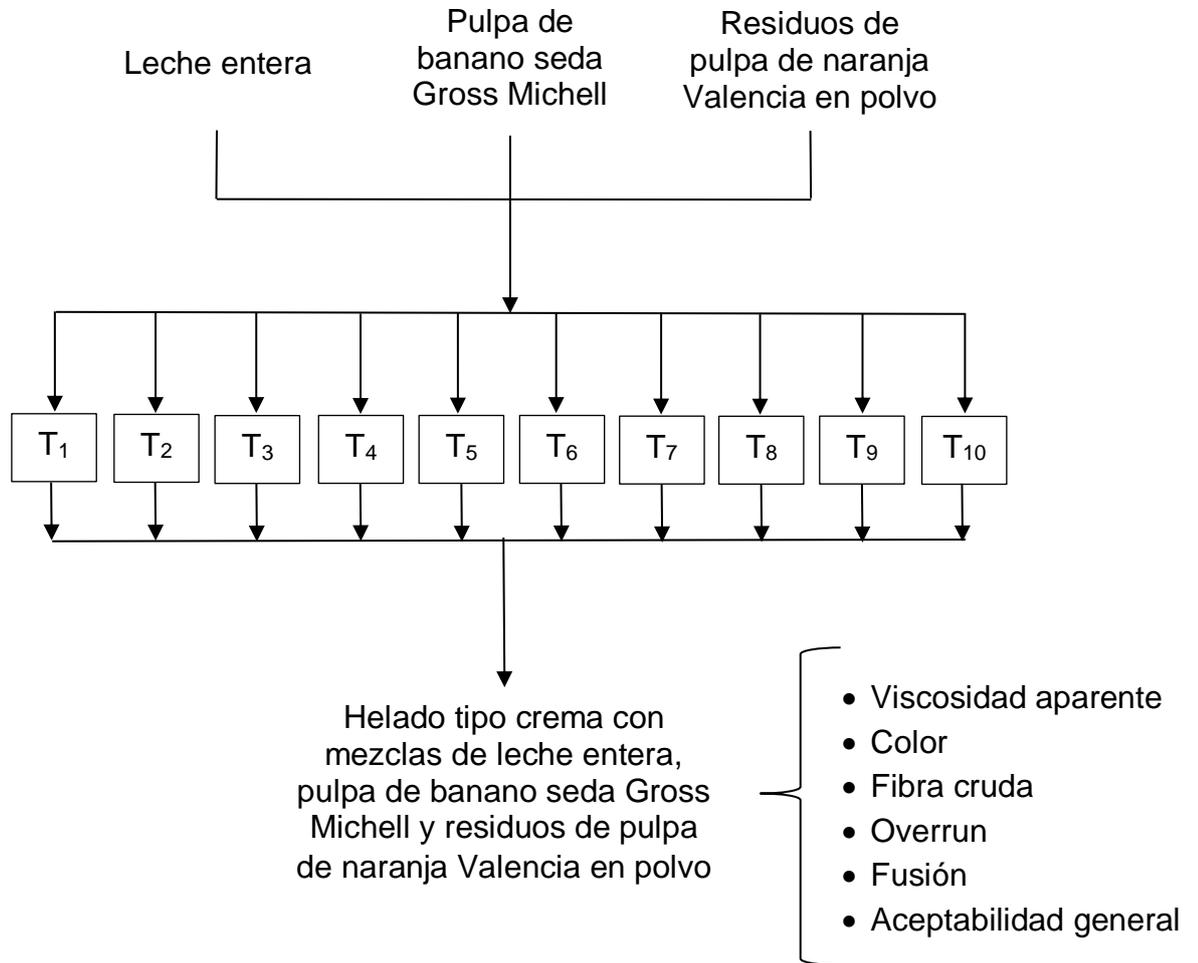
45	≤	Leche entera (%)	≤	50
15	≤	Pulpa de banano seda (%)	≤	20
0	≤	Residuos de pulpa de naranja en polvo (%)	≤	5

En el Cuadro 8, se presentan las formulaciones de la investigación expresado en porcentaje.

Cuadro 8. Formulaciones del helado tipo crema con las mezclas de pulpa de banano seda Gross Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera expresada en porcentaje

Ingredientes	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
Leche entera (%)	50.00	45.00	45.00	47.50	47.50	45.00	46.67	48.33	45.83	45.83
Pulpa de banano seda (%)	15.00	20.00	15.00	17.50	15.00	17.50	16.67	15.83	18.33	15.83
Residuos de pulpa de naranja en polvo (%)	0.00	0.00	5.00	0.00	2.50	2.50	1.67	0.83	0.83	3.33
Subtotal mezcla experimento	65.00	65.00	65.00	65.00	65.00	65.00	65.00	65.00	65.00	65.00
Crema de leche (%)	9.50	9.50	9.50	9.50	9.50	9.50	9.50	9.50	9.50	9.50
Leche descremada en polvo (%)	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50
Azúcar blanca (%)	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00
CMC (%)	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Yemas de huevo (%)	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80
Subtotal otros ingredientes	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
Total (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

En la Figura 1, se muestra el esquema experimental. Las variables independientes son las mezclas de leche entera, pulpa de banano seda Gross Michell y residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo; las variables dependientes; viscosidad aparente, color, fibra cruda, overrun, fusión y aceptabilidad general.



Donde:

- T1\*: 50.00% de LE, 15.00% de PB, 0.00% de PN  
 T2\*: 45.00% de LE, 20.00% de PB, 0.00% de PN  
 T3\*: 45.00% de LE, 15.00% de PB, 5.00% de PN  
 T4\*: 47.50% de LE, 17.50% de PB, 0.00% de PN  
 T5\*: 47.50% de LE, 15.00% de PB, 2.50% de PN  
 T6\*: 45.00% de LE, 17.50% de PB, 2.50% de PN  
 T7\*: 46.67% de LE, 16.67% de PB, 1.67% de PN  
 T8\*: 48.33% de LE, 15.83% de PB, 0.83% de PN  
 T9\*: 45.83% de LE, 18.33% de PB, 0.83% de PN  
 T10\*: 45.83% de LE, 15.83% de PB, 3.33% de PN

Figura 1. Esquema experimental para la investigación del helado tipo crema con las mezclas de pulpa de banano seda Gross Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera

### **3.4.2. Procedimiento experimental para la elaboración de la pulpa de banano seda Gross Michell**

En la Figura 2, se muestra el diagrama de flujo para la elaboración de la pulpa de banano seda (Duque y otros, 2011; Mancera, 2010).

Recepción. Se recibieron los bananos en estado de madurez comercial (cáscara amarilla).

Selección. Se escogieron los bananos libres de algún deterioro (magulladuras y manchas). El color, aroma y firmeza de la fruta permitieron elegir frutas adecuadas, y se analizó el contenido de sólidos solubles con el refractómetro, obteniendo valores entre 19.0 – 19.5 °Brix.

Pesado 1. Los frutos seleccionados fueron pesados por unidades de plátano (dedos).

Lavado y desinfección. Se realizó con agua a temperatura ambiente (22 °C) por aspersión con el propósito de retirar la suciedad proveniente del campo. Luego, para reducir la carga microbiana, los frutos se sumergieron en agua clorada a 100 ppm durante 5 min y se dejaron secar a temperatura ambiente.

Pelado y cortado. Se realizó en forma manual retirando cuidadosamente la cáscara de la pulpa y con cuchillos de acero inoxidable se cortaron los extremos del fruto y se cortaron en trozos (espesor 2 cm), con el propósito de facilitar las posteriores operaciones.

Pretratamiento químico. Se realizó por inmersión en una mezcla de la solución de ácido ascórbico al 1% y ácido cítrico al 0.5% durante 5 min a fin de evitar el pardeamiento enzimático.

Pretratamiento térmico. Consistió en un escaldado, los trozos de bananos fueron puestos en agua potable a 100 °C por 3 min (Mancer, 2010); luego, se vaciaron a un bol de acero.

Pulpeado. Los trozos de banano se trituraron en una licuadora (5 min a 500 rpm) hasta obtener una masa homogénea.

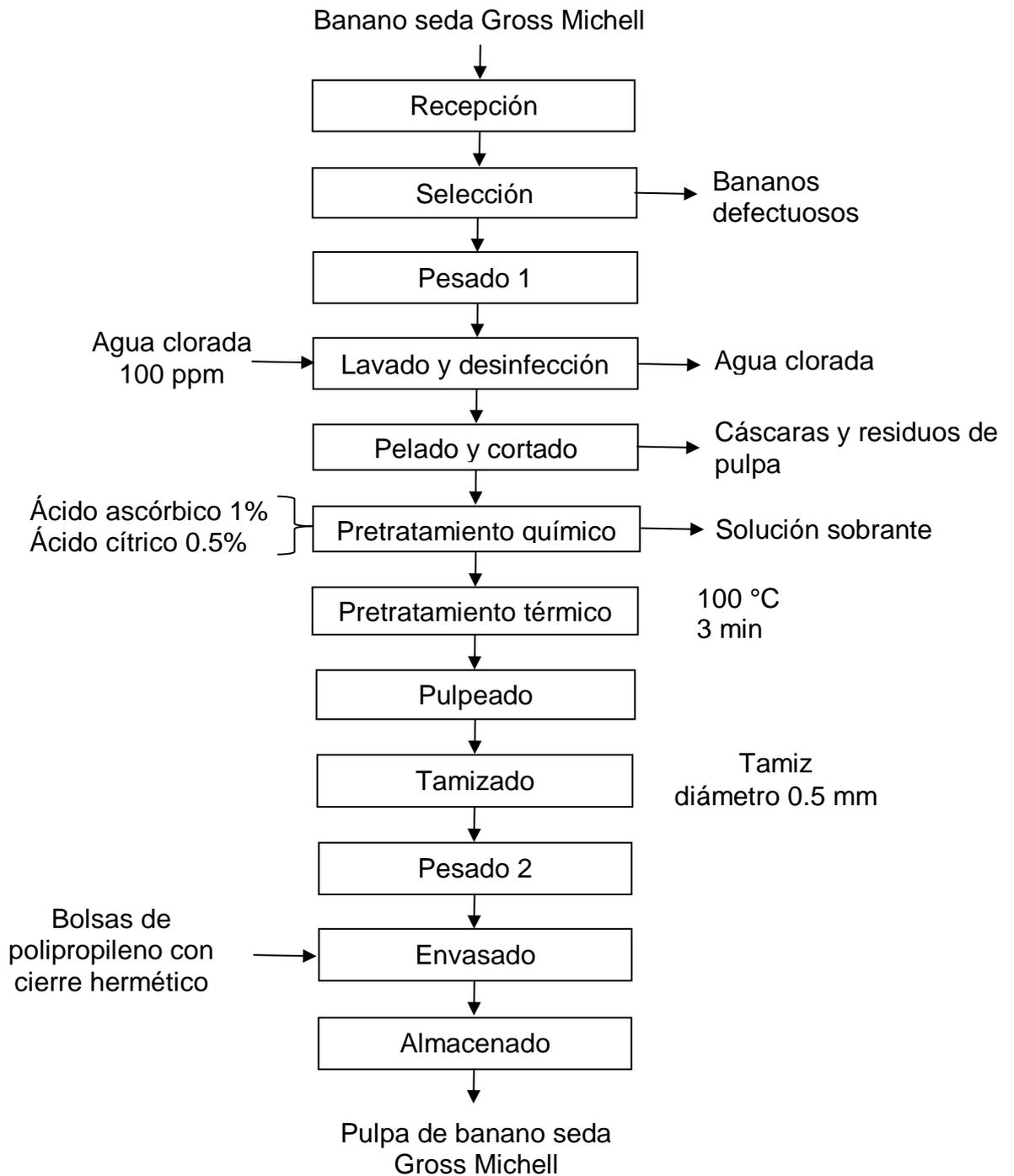


Figura 2. Diagrama de flujo para la elaboración de la pulpa de banano seda

Tamizado. La pulpa fue colocada en un tamiz de acero inoxidable de 0.5 mm de diámetro de malla con la finalidad de retener partículas de mayor tamaño y uniformizar el tamaño de partícula.

Pesado 2. La pulpa obtenida se pesó para la obtención del rendimiento final. Reportándose un rendimiento promedio del 68.2%.

Envasado. Se realizó en bolsas de polipropileno con cierre hermético para facilitar el llenado.

Almacenado. Se dejó a temperatura de refrigeración (5 °C) hasta el momento de la elaboración del helado tipo crema (18 h).

### **3.4.3. Procedimiento experimental para la elaboración de un helado tipo crema con las mezclas de pulpa de banano seda Gross Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera**

En la Figura 3 se presenta el diagrama de flujo de la elaboración de un helado tipo crema con pulpa de banano seda Gross Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera. A continuación, se describe cada una de las etapas del diagrama de flujo (García, 2015; Ángulo, 2016 y en base a pruebas preliminares) en base a 1 kg de muestra para cada tratamiento:

Recepción. Se recibieron los materiales e insumos y se verificaron que cumplan con las condiciones necesarias (fecha de vencimiento y apariencia) para el procesamiento del producto.

Pesado. Se pesaron los ingredientes según la formulación establecida para cada ingrediente según lo indicado en el Cuadro 7. Se preparó 1 kg de mezcla por tratamiento.

Mezclado. Se inició calentando la leche entera envasada a 40 °C; luego se añadió la crema de leche; posteriormente a 65 °C, se añadió la azúcar blanca con CMC, yemas de huevo, la pulpa de banano seda y los residuos de pulpa de naranja en polvo. Se realizó en constante

movimiento con ayuda de la batidora durante 20 min hasta la obtención de una mezcla homogénea.

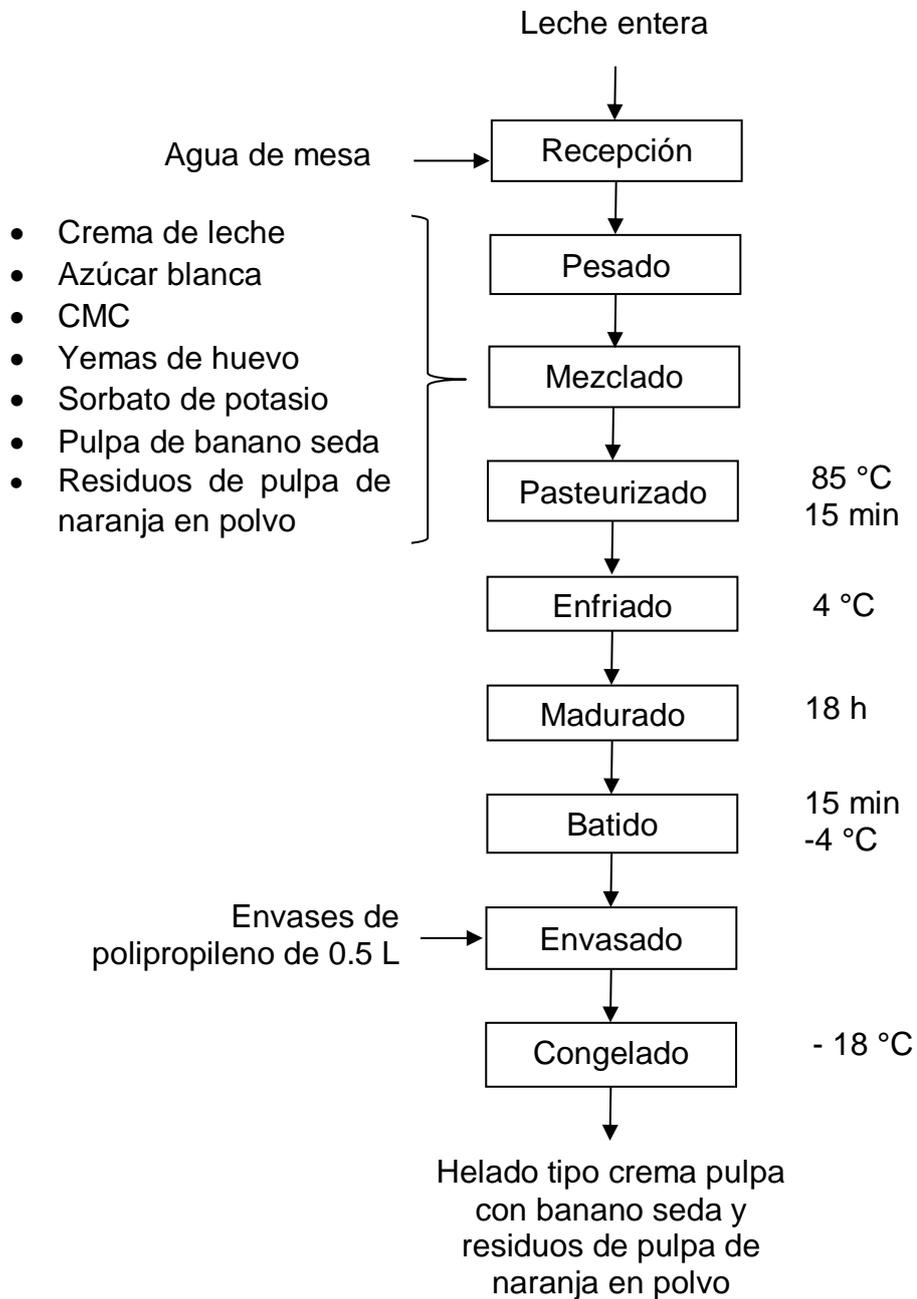


Figura 3. Diagrama de flujo para la elaboración del helado tipo crema con las mezclas de pulpa de banano seda, residuos de pulpa de naranja en polvo y leche entera

Pasteurizado. Se realizó a 85 °C durante 15 min con la finalidad de eliminar microorganismos patógenos y enzimas.

Enfriado. Se enfrió la mezcla a 4 °C.

Madurado. Se llevó la mezcla a la cámara de frío a 4 °C durante 18 h, con la finalidad de mejorar las características físicas y apariencia del helado

Batido. La mezcla fue puesta en un recipiente de acero y se colocó en otro recipiente que tuvo hielo y sal (temperatura de -4 °C), se batió (batidora manual) durante 15 min con la finalidad de incorporar aire y conseguir la formación de cristales finos de hielo.

Envasado. Se utilizaron recipientes (potes) de polipropileno con tapa, de capacidad de 0.5 L cada uno.

Congelado. Se llevaron los pots a una cámara de congelación (-15 °C) durante 24 h.

### **3.5. Métodos de análisis**

#### **3.5.1. Viscosidad aparente**

Las muestras de helado tipo crema se agitaron a temperatura ambiente (20 °C) suavemente para eliminar el aire de las mezclas, luego, se separaron 500 g de helado y se colocó en el viscosímetro digital Brookfield Modelo DV-III, equipado con Spindle SC-27 a 80 rpm (tratamiento 2, 4 y 6), LV2 a 60 rpm (tratamiento 3 y 10) y LV5 a 60 rpm (tratamiento 1, 5, 7, 8 y 9); todas a  $20 \pm 1$  °C. La medida de viscosidad se reportó en mPa.s (García, 2015; Ángulo, 2016).

#### **3.5.2. Color**

Las mediciones del color de las muestras del helado tipo crema se determinaron usando el colorímetro Kónica-Minolta, modelo CR-400, midiendo los valores de L\* (luminosidad) en el rango de 0 (negro) y 100 (blanco); valor de a\* (de rojizo a verduzco) y valor b\* (de amarillento a azulado). El colorímetro fue calentado durante 20 min y

calibrado con un blanco estándar. El procedimiento fue el siguiente (Noor y otros, 2012):

- Se llenó la cubeta (hasta la línea indicada) con el helado tipo crema.
- Se colocó los espacios según el tamaño de la celda (para 20 mL, se necesitan dos espacios).
- Se colocó la celda con el helado tipo crema.
- Se colocó el cabezal medidor y se ajustaron con los tornillos.
- Se realizaron como mínimo tres mediciones para cada tratamiento.

### **3.5.3. Fibra cruda**

Se empleó el método de análisis proximal Weende. Este método permitió determinar el contenido de fibra cruda en la muestra, después de ser digerida con soluciones de ácido sulfúrico (1.25%) e hidróxido de sodio (1.25%) y calcinado el residuo. Se realizó el procedimiento dado por AOAC (2000):

- Se pesó 2 g de muestra.
- Se transfirió a un vaso de precipitado.
- Se añadió 200 mL de ácido sulfúrico.
- Se calentó en una coccinilla eléctrica durante 30 min.
- Se filtró y lavo con agua destilada caliente.
- Se midió el pH.
- Se transfirió la muestra a un vaso de precipitado.
- Se añadió 200 mL de hidróxido de sodio.
- Se filtró y lavo con 50 mL de ácido clorhídrico.
- Se lavó con 20 mL de alcohol etílico de 96° GL.
- Se llevó el residuo a la estufa y se secó a 130 °C por 2 h, hasta peso constante.
- Se enfrió y pesó; posteriormente, se colocará en la mufla a 500 – 600 °C hasta que el contenido esté de color blanco (aprox. 5 h).

La determinación de la cantidad de fibra cruda se realizó por diferencia de peso:

$$\% \text{ Fibra cruda} = \frac{P_s - P_c}{M} \times 100$$

Donde:

$P_s$ : masa (g) del residuo seco a 130 °C

$P_c$ : masa (g) de las cenizas

$M$ : peso (g) de la muestra

#### 3.5.4. Overrun

El contenido de aire incorporado al helado se cuantificó por la característica denominada overrun o índice de aireación del helado. Se midió el volumen inicial de la mezcla y, posteriormente, el volumen final del helado (Gösta, 1996).

El cálculo se realizó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Overrun} = \frac{V_f - V_i}{V_i} \times 100$$

Dónde:

$V_i$ : volumen inicial de mezcla

$V_f$ : volumen final del helado

#### 3.5.5. Fusión

Se pesaron 250 g de helado tipo crema en almacenamiento a -18 °C; y se colocó en un tamiz de aperturas cuadradas de 2.5 mm de ancho, suspendido sobre un vaso de precipitado tarado, a temperatura ambiente (20 °C). En una balanza se puso una bandeja en la cual se vació el helado derretido (Yangilar, 2015; Gaspar, 2017).

La fusión hace referencia al porcentaje de derretimiento desde la primera gota de helado en un determinado tiempo, por tanto, el

tiempo normal que una persona consume un helado es de aproximadamente 30 min, por tal razón, se consideró este valor como parámetro en el análisis de los resultados (Ramírez-Navas y otros 2015).

El porcentaje de fusión se expresó:

$$F (\%) = \frac{P_{fh}}{P_{ib}} \times 100$$

Donde:

P<sub>fh</sub>: peso final helado

P<sub>ib</sub>: peso inicial helado

### **3.5.6. Aceptabilidad general**

Las muestras de helados, según tratamientos, fueron colocadas en vasos de plástico de 3 oz debidamente codificados con 3 dígitos seleccionados al azar (servidos a -2 °C), y se utilizó agua de mesa como neutralizante, entre cada muestra de la prueba sensorial. Evaluaron 36 panelistas no entrenados, que se les entregó una ficha de evaluación (Figura 4). La aceptabilidad general se evaluó por medio de una escala hedónica de 9 puntos en cada muestra, siendo el valor de mayor puntaje el de “me agrada muchísimo” (9 puntos) y el de menor puntaje el de “me desagrada muchísimo” (1 punto), con un valor intermedio de “no me agrada ni me desagrada (5 puntos) (Anzaldúa-Morales, 2005).

Se utilizó un diseño de bloques incompletos balanceados (DBIB) para la evaluación de los tratamientos. De los 10 tratamientos, solo se brindaron 5 a cada juez en forma balanceada y aleatoria, ya que un mayor número de tratamientos produce una saturación en el paladar del evaluador. Este diseño se utiliza cuando el número de tratamientos que el juez evalúa, se ajusta al que habitualmente está acostumbrado, permitiendo un análisis efectivo, preciso y válido.

Dicho número, elegido por el de uno mayor previsto para la prueba sensorial, permite una precisión igual o mayor que un diseño completo al establecerse bloques de tamaño más pequeño facilitando al juez mayor retención en la memoria de atributos sensoriales y la consistencia en el juicio al percibirlos y calificarlos (Ureña y otros, 1999). Para distribuir dichos tratamientos constantes, se realizó un arreglo de distribución de tratamientos, bloques, repeticiones y pares de tratamientos (Montgomery, 2011).

El Cuadro del diseño de bloques incompletos balanceado utilizando en la prueba de aceptabilidad general se presenta en el Anexo 8.

A continuación, se presentan los parámetros de bloques incompletos balanceado que se empleó en la prueba de aceptabilidad general:

- $\lambda$ , número de pares del total de tratamiento que aparece en el diseño; 4
- Total, de tratamientos; es la cantidad de muestras de la investigación: 10
- Tratamientos a evaluar; cantidad de muestras presentadas a los panelistas: 5
- Bloques o jueces; cantidad de panelistas por grupos: 18
- Replicación; cantidad de repeticiones realizadas a cada tratamiento: 9
- Factor de eficiencia; valor de confiabilidad aplicado a la distribución de tratamiento: 0.89

**Prueba de aceptabilidad general del helado tipo crema**

Nombre del panelista:

Fecha:

Instrucciones: Pruebe el helado tipo crema con las mezclas de pulpa de banano seda, residuos de pulpa de naranja en polvo y leche entera, que se le ha proporcionado y califique según la escala que se presenta, marcando con una (x) en el casillero correspondiente de acuerdo al nivel de agrado o desagrado que le produzca.

	Codificación de muestras				
Escala	139	259	786	841	951
Me agrada muchísimo	----	-----	-----	-----	-----
Me agrada mucho	----	-----	-----	-----	-----
Me agrada moderadamente	----	-----	-----	-----	-----
Me agrada poco	----	-----	-----	-----	-----
Ni me agrada ni me desagrada	-----	-----	-----	-----	-----
Me desagrada poco	-----	-----	-----	-----	-----
Me desagrada moderadamente	-----	-----	-----	-----	-----
Me desagrada mucho	-----	-----	-----	-----	-----
Me desagrada muchísimo	-----	-----	-----	-----	-----
Comentarios: -----					
-----					

Figura 4. Ficha de evaluación para la prueba de aceptabilidad general del helado tipo crema con pulpa de banano seda, residuos de pulpa de naranja en polvo y leche entera. Fuente: Anzaldúa-Morales (2005)

### 3.6. Métodos estadísticos

Para la toma de los datos de la evaluación de Aceptabilidad general se utilizó un diseño de bloques incompletos balanceados (DBIB). De los 10 tratamientos solo se le brindaron 5 a cada juez en forma balanceada y aleatoria.

Para el procesamiento de datos se aplicó un análisis de varianza a las variables respuesta: acidez titulable, viscosidad aparente, color, fibra cruda, overrum, fusión y aceptabilidad general, para determinar qué modelo (lineal, cuadrático o cúbico especial) fue significativo ( $p < 0.05$ ). Además, se determinó el coeficiente de determinación  $R^2$ -ajustado y  $R^2$ , debiendo ser igual o superior a 0.70 y 0.85, respectivamente, para validar el modelo matemático que representó el comportamiento de los fenómenos en estudio (Montgomery, 2011).

Para encontrar la combinación óptima de las mezclas de pulpa de banano seda Gross Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera que brindó los mejores resultados de contenido de fibra, overrum y aceptabilidad general (solo los que presentaron significancia y valores altos de coeficiente de determinación  $R^2$ -ajustado), se realizó una superposición de gráficos de contornos y se halló la zona óptima predicha multirespuesta. La generación del diseño de mezclas y el desarrollo estadístico se realizó con el software Design Expert 11.0.

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1. Efecto de la mezcla de pulpa de banano seda Gross Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera sobre la viscosidad aparente en helado tipo crema**

La viscosidad aparente en función de la mezcla de pulpa de banano seda Gross Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera en helado tipo crema, observándose que los valores se encuentran entre 775 y 82100 mPa.s; mostrando mayor valor para el tratamiento 3 (50% leche entera, pulpa de banano seda 15% y residuos de pulpa de naranja 5%); mientras que, los resultados del análisis del helado comercial de Artika y D'Onofrio fueron 745 y 685 mPa.s, respectivamente. Los datos de la viscosidad del helado tipo crema se encuentran en el Anexo 1. Se trabajó con leche entera, reportando una acidez 0.21% ácido láctico, sólidos totales 11.4% y grasa 3.2%. La pulpa de banano seda reportó una acidez 0.35% ácido málico, sólidos solubles 19.5 °Brix y pH 3.98, presentados en el Anexo 10.

En el caso del efecto binario se determinó que a mayor concentración de pulpa de banano seda y menor concentración de leche entera, se obtuvo valores promedios de 4700 mPa.s. Así mismo, al medir el efecto ternario se determinó que valores intermedios de concentración de leche entera y concentración de pulpa de banano seda, y concentraciones altas de residuos de pulpa de naranja se obtuvo altos valores de viscosidad aparente. Según Montúfar (2014) indica que se debe a la incorporación de fibra cítrica que permite la absorción parcial del agua libre como agua de hidratación; por tanto, incrementa la viscosidad.

Quiroz (2019) reporto valores de viscosidad aparente de 333 y 427 mPa.s en la adición del polvo de residuo de pulpa de naranja (0.5 y 1.0%) en helado tipo crema, presentando un comportamiento creciente a medida que aumentaron las concentraciones de pulpa de naranja. Así mismo, con un mismo comportamiento, pero con valores inferiores, Dervisoglu y Yazici (2016) obtuvieron 216.6, 261.1 y 342.1 mPa.s, en helado tipo crema con adiciones de fibra cítrica al 0.4, 0.8 y 1.2%; respectivamente, debido a la incorporación de estabilizantes (goma guar, CMC, goma xantana y monoglicéridos) en la formulación. Estos resultados tienen una relación en cuanto al comportamiento de las cantidades de los residuos de pulpa de naranja; debido a la incorporación de fibra cítrica, compuesta principalmente por pectina; por tanto, incrementa la viscosidad y relacionado con procesos de homogenización y maduración (Montúfar, 2014).

López y Gómez (2014) indican que la pulpa de banano posee propiedades que potencializan la gelificación debido a los ácidos orgánicos (málico, cítrico y oxálico) que prevalecen en dicha fruta, dando mayor dificultad a que pierda dicha estabilidad; teniendo en cuenta que tiene limitada humedad, en comparación de otros frutos; dando mayor resistencia al producto final.

Romero (2016) menciona que los polisacáridos (como almidón y pectina) aportan una excelente incorporación y distribución uniforme del aire, aumenta la textura y estabilidad durante el almacenamiento del helado, mediante la interacción proteína–polisacárido formando una red tridimensional; además, del aporte de los sólidos grasos de la formulación ayudan a mantener la dispersión de aire en el helado, proporcionando una mayor solidez a la mezcla (Pintor y Totosaús, 2013).

Cuadro 9. Análisis de varianza para los diferentes modelos fijados para la viscosidad aparente en helado tipo crema

Modelo	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	p	R <sup>2</sup>
Lineal	4.50E+09	2	2.25E+09	0.016	0.693
Cuadrático	1.60E+09	3	5.33E+08	0.069	0.939
Cúbico especial	1.82E+08	1	1.82E+08	0.209	0.967

Los resultados de la viscosidad aparente analizados con el diseño de mezcla, mostraron que el modelo lineal explicó mejor la relación entre la variable respuesta y las variables independientes en el Cuadro 9. El modelo lineal presentó significancia estadística en comparación del resto de modelos; por tanto, se eligió como mejor modelo. Teniendo en cuenta que un R<sup>2</sup> superior no indica que el modelo sea el más adecuado, pero sí con un  $p < 0.05$ .

#### **4.2. Efecto de la mezcla de pulpa de banano seda Gross Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera sobre el color en helado tipo crema**

Los valores de color (L\*) en función de la mezcla de pulpa de banano seda Gross Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera en helado tipo crema. Se observa una ligera disminución de la variable, a medida que aumentan los niveles de concentración de los residuos de pulpa de naranja; mientras que, la pulpa de banano seda no presentó efecto significativo en los tratamientos. Los valores del color (L\*) oscilaron entre 67.43 y 74.17 L\* en helado tipo crema. En el Anexo 2, 3 y 4, se encuentran los valores experimentales del color (\*L, a\* y b\*) respectivamente.

Yangilar (2015) estudió el efecto de la concentración de la pulpa de banano en harina sobre el color en un helado tipo crema. Las concentraciones fueron 0, 1 y 2% en la leche entera para la elaboración del helado tipo crema. Se reportaron valores de  $L^*$  de 88.5, 87.1 y 86.2, disminuyendo la luminosidad a medida que se incrementaba la pulpa de banano en harina, debido al color característico de dicha harina (77.5  $L^*$ ). Se presenta en esta investigación un mismo comportamiento, pero con menores valores. Estas diferencias se deben a la influencia del color característico de la pulpa de banano que se desarrollan debido a la existencia de algunas enzimas de pardeamiento como la polifenoloxidasas y la aparición de la reacción de Maillard, provocando el cambio de color durante el proceso de elaboración de la harina (Alkarkhi y otros, 2011).

La luminosidad ( $L^*$ ) disminuyó en las muestras con mayor concentración de residuos de pulpa de naranja y menor grado con pulpa de banano seda; esto puede atribuirse a la tonalidad amarilla, en contraste, a la mezcla láctea del helado tipo crema.

Karaman y otros (2014) adicionaron pulpa de caqui en cantidades de 0, 8, 16, 24, 32 y 40% en un helado tipo crema, reportándose valores de 70.1, 66.46, 61.38, 55.24, 53.5 y 50.6  $L^*$  respectivamente, disminuyendo la luminosidad a medida que se incrementó la pulpa de caqui. En esta investigación se presentó el mismo comportamiento al helado de banano, pero con valores inferiores; debido a las concentraciones inferiores empleadas y al tipo de pulpa de fruta.

Los resultados del color ( $L^*$ ) analizados con el diseño de mezcla, mostraron que ningún modelo explicó mejor la relación entre la variable respuesta y las variables independientes en el Cuadro 10. Por tanto, en el análisis de varianza (ANVA) no mostró significancia estadística del modelo ( $p < 0.05$ ).

Cuadro 10. Análisis de varianza para los diferentes modelos fijados para el color ( $L^*$ ) en helado tipo crema

Modelo	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	p	R <sup>2</sup>
Lineal	27.250	2	13.630	0.099	0.484
Cuadrático	9.740	3	3.250	0.612	0.657
Cúbico especial	2.230	1	2.230	0.575	0.697

Los valores de color ( $a^*$ ) en función de la mezcla de pulpa de banano seda, residuos de pulpa de naranja en polvo y leche entera en helado tipo crema. Se observa una disminución de la variable, a medida que los niveles de concentración de los residuos de pulpa de naranja aumentaron; mientras que, con la concentración de pulpa de banano seda presentaron un ligero aumento. Los valores del color ( $a^*$ ) oscilaron entre 0.15 y -3.12  $a^*$  en helado tipo crema presentando un color ligero verdoso.

Yangilar (2015) reportó valores de cromaticidad  $a^*$  -0.29 y -1.1 en la concentración de la pulpa de banano en harina en un helado tipo crema. Las concentraciones fueron 1 y 2% en la elaboración del helado tipo crema. El aumento del valor de la cromaticidad  $a^*$  fue proporcional al aumento de la pulpa de banano en harina, debido al color característico de dicha harina ( $a^* = -3.49$ ). Mismo comportamiento, pero con valores positivos reporto Karaman y otros (2014) obteniendo valores de 1.4, 3.5, 5.1, 5.2 y 6.5  $a^*$ , adicionando pulpa de caqui en cantidades de 0, 8, 16, 24, 32 y 40% en un helado tipo crema; mientras que, el tratamiento control presento -1.2  $a^*$ , valor semejante al reportado en esta investigación.

Los resultados del color ( $a^*$ ) analizados con el diseño de mezcla, mostraron que ningún modelo explicó mejor la relación entre la variable respuesta y las variables independientes en el Cuadro 11. Por tanto, en el

análisis de varianza (ANVA) no mostró significancia estadística del modelo ( $p < 0.05$ ).

Cuadro 11. Análisis de varianza para los diferentes modelos fijados para el color ( $a^*$ ) en helado tipo crema

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	p	R <sup>2</sup>
Lineal	1.620	2	0.810	0.482	0.188
Cuadrático	1.266	3	0.422	0.828	0.335
Cúbico especial	0.154	1	0.154	0.792	0.353

El color ( $b^*$ ) en función de la mezcla de pulpa de banano seda, residuos de pulpa de naranja en polvo y leche entera en helado tipo crema; observándose un aumento de la variable a medida que incrementaron las concentraciones de pulpa de banano seda y residuos de pulpa de naranja, siendo más significativo con residuos de pulpa de naranja. Los valores de cromaticidad  $b^*$  oscilaron entre 11.54 y 16.44 en helado tipo crema presentando un color amarillo claro.

La cromaticidad  $b^*$  aumentó a medida que lo hace el contenido en residuos de pulpa de naranja, dando tono ligeramente amarillo opaco, reportándose valores entre 8.06, 9.16 hasta 9.23  $b^*$ , a medida que aumentaba la concentración (0, 1 y 2%) de pulpa de banano seda en el helado tipo crema. Así mismo, Karaman y otros (2014) reportaron valores de cromaticidad con un comportamiento creciente desde 4.8 hasta 17.1  $b^*$ , a medida que aumentaba la pulpa de caqui en cantidades de 0, 8, 16, 24, 32 y 40% en un helado tipo crema. Dichos valores se encuentran dentro del rango de esta investigación.

Estos resultados en la variabilidad del color, son confirmados por Alkarkhi y otros (2011), quienes utilizaron residuos de manzana y mandarina en polvo, indicando que los valores de  $L^*$  disminuyeron,

logrando menor luminosidad, y la cromaticidad  $b^*$  aumentaron debido al color característico de los residuos de frutas, cambiando la tonalidad a un producto ligeramente opaco. Este comportamiento puede deberse al pardeamiento enzimático de los residuos de la fruta (Dervisoglu y Yazici, 2012).

Los resultados del color ( $b^*$ ) analizados con el diseño de mezcla, mostraron que el modelo lineal explicó mejor la relación entre la variable respuesta y las variables independientes en el Cuadro 12. Además, presentó significancia estadística ( $p < 0.05$ ) en comparación del resto de modelos y un  $R^2$  con 0.665.

La cromaticidad  $b^*$  influye en las muestras con mayor concentración de residuos de pulpa de naranja y menor grado con pulpa de banano seda; se atribuye a la tonalidad característica de dichos componentes, presentando un producto ligeramente opaco y, por tanto, una menor luminosidad ( $L^*$ ) en el helado tipo crema.

Cuadro 12. Análisis de varianza para los diferentes modelos fijados para el color ( $b^*$ ) en helado tipo crema

Modelo	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	p	$R^2$
Lineal	14.881	2	7.441	0.022	0.665
Cuadrático	1.240	3	0.413	0.848	0.721
Cúbico especial	0.134	1	0.134	0.814	0.727

#### 4.3. Efecto de la mezcla de pulpa de banano seda Gross Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera sobre la fibra cruda en helado tipo crema

En la Figura 6 y 7 se presentan los contornos y superficie de respuesta generados por el Diseño de mezcla simplex con centroide ampliado, indicando el efecto de la fibra cruda en helado tipo crema. En el efecto simple de las variables independientes, denota que la concentración de leche entera permite obtener valores bajos de fibra. Debido a que la fuente principal de la fibra alimentaria es proveniente de verduras, frutas, cereales y legumbres, siendo insignificante en la leche entera (Montúfar, 2014). Los valores de la fibra cruda oscilaron entre 2.28 y 7.45% en helado tipo crema. En el Anexo 5 se encuentran los valores experimentales.

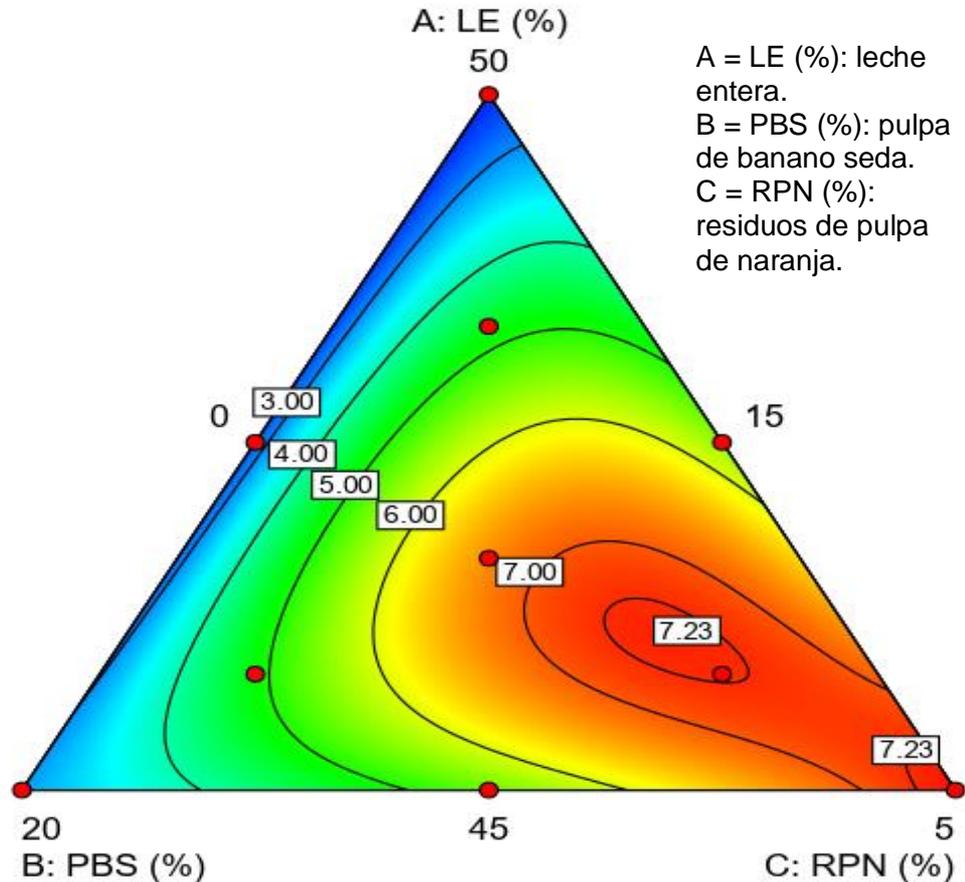


Figura 5. Contornos del efecto simple y combinaciones de las concentraciones de pulpa de banano seda Gross Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera sobre la fibra cruda en helado tipo crema

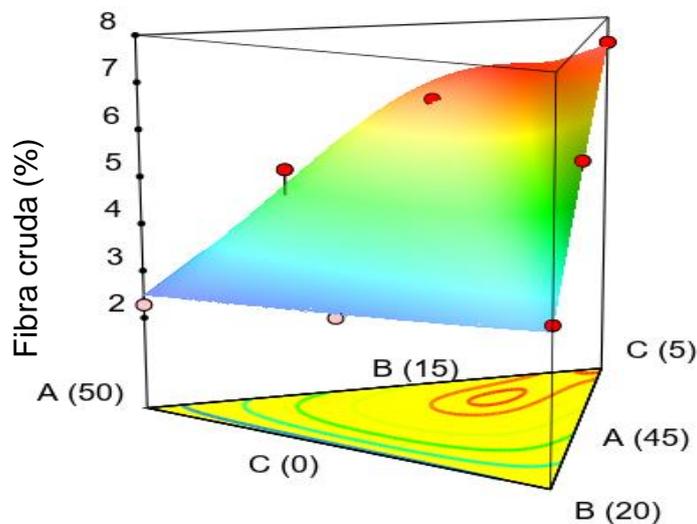


Figura 6. Superficie de respuesta de las concentraciones de pulpa de banano seda Gross Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera sobre la fibra cruda en helado tipo crema

En el caso del efecto binario se determinó que la concentración de leche entera y residuos de pulpa de naranja, obtuvo la región de interés adecuada con valores cercanos al 7%, ya que las fibras obtenidas a partir de frutas resultan de mayor calidad debido a su composición equilibrada de nutrientes, menor contenido catiónico y ácido fítico; por tanto, mayor capacidad de retención de agua (Chárfer y otros, 2017); además, los residuos de naranja Citri-Fi presentan un alto contenido de fibra dietética total de 68.2% (33.3% soluble y 34.9% insoluble). Mientras que, al medir el

efecto ternario, se demostró, que valores intermedios de concentración de leche entera, concentraciones altas de pulpa de banano seda y residuos de pulpa de naranja permitieron obtener altos valores de fibra cruda. Las recomendaciones del consumo de fibra diaria son de 25 a 35 g de fibra dietética de diferentes fuentes (FAO, 2018); por tanto, se encuentran dentro del rango establecido; denotándose más el contenido de fibra con el efecto ternario.

Gutiérrez (2019) investigó el efecto de tres concentraciones (1, 2 y 3%) de fibra cítrica en polvo sobre el contenido de fibra cruda de un helado tipo crema de vainilla. La variable independiente presentó un efecto significativo sobre el contenido de fibra cruda, valores con un comportamiento creciente que oscilaron desde 4.27 hasta 7.12%. Dichos valores se encuentran dentro del rango establecido en esta investigación.

Dervisoglu y Yazici (2016) analizaron el efecto de la adición de fibra cítrica sobre el contenido de fibra cruda en un helado tipo crema. Las adiciones de fibra cítrica de naranja fueron: 0.4, 0.8 y 1.2%, reportando valores de fibra cruda con un comportamiento creciente a medida que aumentaron las adiciones, estos valores fueron 1.35, 1.80 y 2.28% respectivamente.

Así mismo, Yangilar (2015) presento un comportamiento creciente en un helado tipo crema con concentraciones de pulpa de banano en harina al 1 y 2%, reportando valores de fibra cruda de 1.17 y 1.58%.

Barrionuevo y otros (2011) evaluaron la adición de pulpa de arándano al 20, 40 y 60% y enriquecido con inulina en la formulación de un helado tipo crema. El tratamiento al 40% mostró mejores características sensoriales y, luego, se evaluó el contenido de fibra cruda, presentando

12.51%, comparando con esta investigación, se debe a la adición de inulina, aportando mayor contenido de fibra.

Los resultados de la fibra analizados con el diseño de mezcla, mostraron que el modelo cubico especial explicó mejor la relación entre la variable respuesta y las variables independientes en el Cuadro 13. Además, el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0.978, mostró que el modelo seleccionado fue el que presentó mejor ajuste de los datos; y el análisis de varianza (ANVA) mostró significancia estadística del modelo ( $p < 0.05$ ).

Cuadro 13. Análisis de varianza para los diferentes modelos fijados para la fibra cruda en helado tipo crema

Modelo	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	p	$R^2$
Lineal	23.156	2	11.578	0.006	0.769
Cuadrático	3.226	3	1.075	0.430	0.876
Cúbico especial	3.077	1	3.077	0.033	0.978

En el Cuadro 14 se presentan los coeficientes de regresión empleados para establecer la ecuación seleccionada que determina el efecto de las variables independientes en la respuesta (Ecuación 1); así mismo, la significancia del coeficiente para su elección como componente del modelo.

Cuadro 14. Coeficientes de regresión del modelo fijado para la fibra cruda en helado tipo crema

Componente	Coefficiente	p
LE (%): A	2.467	0.012
PBS (%): B	3.094	0.006
RPN (%): C	7.380	0.000
AB	-0.199	0.935
AC	2.653	0.325
BC	0.548	0.824
ABC	56.276	0.033

$$\text{Fibra cruda} = 2.467*A + 3.094*B + 7.380*C + 56.276ABC \text{ (Ecuación 1)}$$

La ecuación 1 indica que el efecto individual de la leche en polvo, la pulpa de banano seda Gross Michell y los residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo influyeron de manera positiva contribuyendo al modelo.

#### **4.4. Efecto de la mezcla de pulpa de banano seda Gross Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera sobre el overrun en helado tipo crema**

En la Figura 7 y 8 se muestra los contornos y superficie de respuesta generados por el Diseño de mezcla simplex con centroide ampliado, donde se aprecia el efecto del overrun en helado tipo crema, presentando valores dentro del rango establecido por la Norma Técnica Peruana para helados (NTP 202.057), indicando que el volumen incorporado por cada 100 mL de mezcla fundida, no podrá ser mayor a 120%. Los valores del overrun oscilaron entre 6.00 y 49.53% en helado tipo crema. En el Anexo 6 se encuentran los valores experimentales del overrun del helado tipo crema.

En la evaluación del efecto simple de las variables independientes, denota que la concentración de leche entera permite obtener valores altos de overrun, sin sobrepasar el límite establecido por la Norma Técnica Peruana para Helados. La adición de CMC como ingrediente en las formulaciones del helado tipo crema, ayuda a alcanzar un overrun más alto, mejorando la incorporación de aire y la distribución de las células de aire, agua forma espuma con el aire y acentúan con ello la capacidad de batido de la mezcla.

En el caso del efecto binario se determinó que la concentración de leche entera y pulpa de banano seda, obtuvo la región de interés adecuado con valores promedios a 40% de overrun. Mientras que, al medir el efecto ternario se demostró que valores intermedios de concentración de leche

entera, concentraciones altas de pulpa de banano seda y residuos de pulpa de naranja permitieron obtener bajos valores de overrun, sin sobrepasar el límite establecido por la Norma Técnica Peruana para helados.

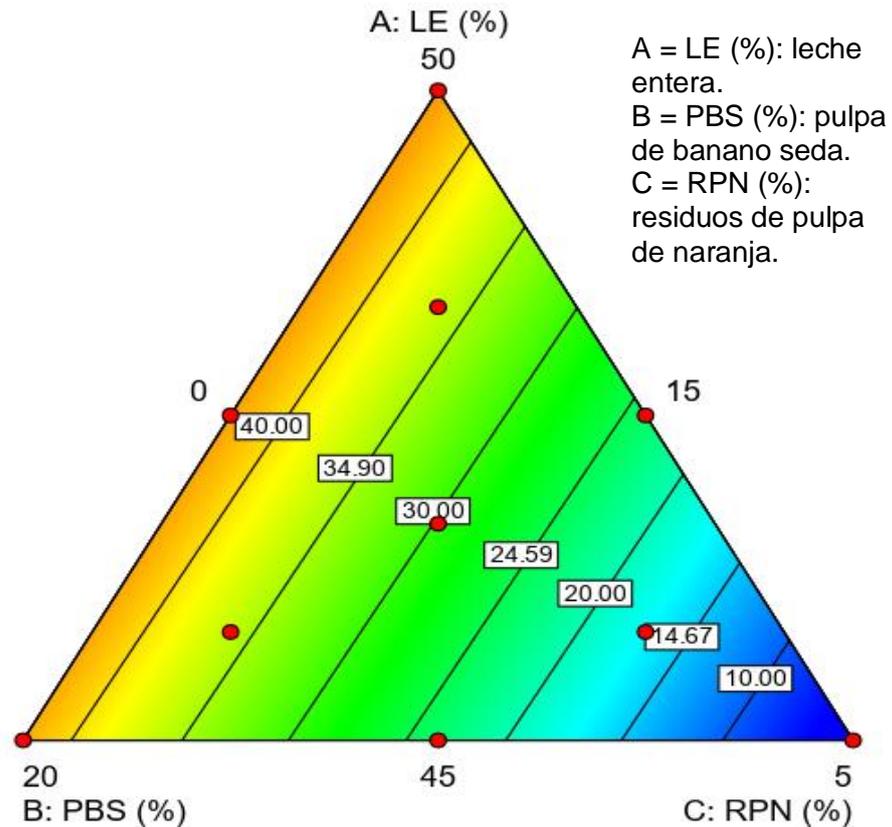


Figura 7. Contornos del efecto simple y combinaciones de las concentraciones de pulpa de banano seda Gross Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera sobre el overrun en helado tipo crema

Rodríguez (2014) al aumentar la proporción de pulpa de aguaymanto de 10 a 30%, con valores de overrun de 60.3 a 19.0% en helado tipo crema. En ambas investigaciones aumentan la cantidad de pulpa y una disminución de la caseína en la formulación final, lo que, conlleva a una menor solubilidad de las k-caseínas, por tanto, la incorporación de aire

suele ser menor, generando que el helado sea viscoso, duro y frío en la boca, obteniéndose una estructura granulosa.

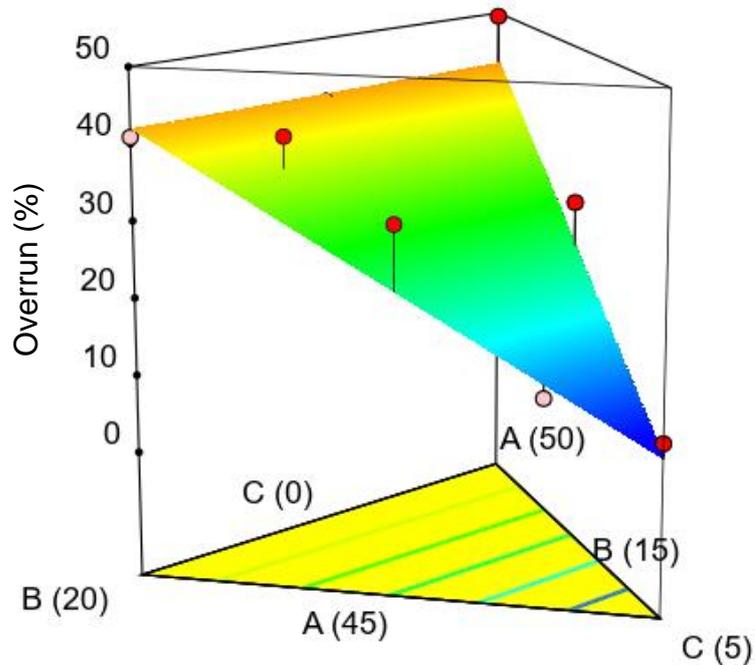


Figura 8. Superficie de respuesta de las concentraciones de pulpa de banano seda Gross Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera sobre el overrun en helado tipo crema

Dervisoglu y Yazici (2016) analizaron la adición de fibra cítrica al 0.4, 0.8 y 1.2% sobre el overrun en un helado tipo crema, mostrando la misma tendencia, pero con valores inferiores, estos fueron 38.94, 32.25 y 29.26% respectivamente, a medida que aumentaron las adiciones de fibra cítrica. Este efecto se debe a la interacción de la fibra con la absorción de agua y grasa, evitando la incorporación de aire durante el proceso del batido (Silva y Lannes, 2011).

De Moraes y otros (2014) con sustituciones de fibra de naranja (0.0, 1.0 y 1.5%) en un helado tipo crema con reducción de sólidos grasos. Reportaron valores de 54.5, 22.7 y 17.3%, debido a la adición de otros emulsionantes (mono-diglicéridos, inulina y albumina en polvo), porcentaje de grasa, condiciones de procesamiento (temperatura de batido y congelación) y la incorporación de pulpa de fruta, obteniendo una mezcla viscosa e imposibilitando la incorporación de aire.

Un helado con excelentes características sensoriales depende del proceso de mezclado de los ingredientes, ya que se conseguirá una suspensión permanente, evitando que la grasa se separe del resto de ingredientes y, por lo tanto, mejorando la cremosidad y resistencia al derretido, con un overrun deseado, disminución de periodo de maduración y conseguir buena distribución de las proteínas lácteas en la superficie de los glóbulos de grasa (Ruiz, 2011).

Al utilizar crema de leche, se obtienen helados más cremosos y con una textura más fina, porque este ingrediente ayuda a reducir el tamaño de los cristales de hielo formados en la etapa de congelación y endurecimiento del helado (García, 2015). Sin embargo, la velocidad de incorporación de aire, no fue muy alta, debido a la incorporación de las variables independientes en estudio.

Existe una relación a mayor viscosidad, será menor el porcentaje de overrun en los helados tipo crema, imposibilitando una homogeneización en la mezcla de los ingredientes, perdiendo estabilidad la emulsión, por tanto, disminución de la incorporación de aire (Ocrospoma, 2015). Dicho comportamiento se mostró en esta investigación, ya que se reportaron valores elevados de viscosidad y a su vez bajos valores de overrun.

Los resultados del overrun analizados con el diseño de mezcla, mostraron que el modelo lineal explicó mejor la relación entre la variable respuesta y las variables independientes en el Cuadro 15. En el análisis de varianza (ANVA) mostró significancia estadística del modelo ( $p < 0.05$ ) en comparación del resto de modelos y un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0.797.

Cuadro 15. Análisis de varianza para los diferentes modelos fijados para el overrun en helado tipo crema

Modelo	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	p	$R^2$
Lineal	1493.746	2	746.873	0.004	0.797
Cuadrático	99.756	3	33.252	0.718	0.850
Cúbico especial	143.476	1	143.476	0.175	0.926

En el Cuadro 16 se presentan los coeficientes de regresión empleados para establecer la ecuación seleccionada que determina el efecto de las variables independientes en la respuesta (Ecuación 2); así mismo, la significancia del coeficiente para su elección como componente del modelo.

$$\text{Overrun} = 43.087 \cdot A + 42.217 \cdot B \text{ (Ecuación 2)}$$

En la ecuación 2 indicó que el efecto individual de la concentración de leche entera y la pulpa de banano seda Gross Michell influyeron de manera positiva contribuyendo al modelo.

Cuadro 16. Coeficientes de regresión del modelo fijado para el overrun en helado tipo crema

Componente	Coeficiente	p
LE (%): A	43.087	0.000
PBS (%): B	42.217	0.000
RPN (%): C	4.010	0.485

#### **4.5. Efecto de la mezcla de pulpa de banano seda Gross Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera sobre la fusión en helado tipo crema**

La fusión en función de la mezcla de pulpa de banano seda Gross Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera en helado tipo crema, evidenciándose el efecto de esta variable con valores desde 16.30 hasta 51.10%. En el Anexo 7 se encuentran los valores experimentales de la fusión del helado tipo crema.

Villacís (2010) expresa que resultados en helados tipo crema, por debajo del 12% de fusión indica textura muy suave y gomosa, calificadas como regulares; valores de 12 a 30% de fusión indica textura suave y cremosa, calificados como regulares; y valores entre 31 a 70% de fusión indica una textura adecuada y cremosa, calificado como muy buenos; valores entre 71 a 100% de fusión indica textura consistente poco cremosa, calificada como buena; y valores superiores a 100% de fusión indica textura dura y hielosa, calificada como regulares. Por tanto, el helado tipo crema con mezcla de leche entera, pulpa de banano seda y residuos de pulpa de naranja en polvo, en sus diferentes tratamientos presentan desde una textura suave y cremosa, calificadas como regulares hasta textura adecuada y cremosa, calificada como muy buenos.

Al evaluar el efecto simple de las variables independientes, muestra que la concentración de leche entera permite obtener valores bajos de fusión. En el caso del efecto binario se encontró que la concentración de leche entera y pulpa de banano seda, presentaron valores ligeramente superiores; mientras que, al medir el efecto ternario determinó que valores intermedios de concentración de leche entera, concentraciones altas de pulpa de banano seda y residuos de pulpa de naranja en polvo permitieron obtener altos valores de fusión. Para Posada y otros (2012) indican que el

tiempo de derretimiento debe darse en un periodo superior a 15 min, pero dependerá de la formulación establecida; y existirá una mayor retención de agua ligada principalmente a la cantidad de fibra en su formulación, por tanto, se tendrán valores superiores de fusión. Hacen referencia que la consistencia del helado tipo crema, indican que, a mayor viscosidad, significa un menor derretimiento (mayor porcentaje de fusión) y reportan valores de 28.6 hasta 58.1% de fusión para tiempos de 30 y 60 min. Los resultados de esta investigación se encuentran dentro del rango señalado.

Es probable que el porcentaje de overrun y el contenido de fibra sean factores importantes que afectan la fusión, ya que según Corvito (2004), en el overrun se disminuye la difusividad térmica del helado, al mismo tiempo que permite que se formen cristales de hielo pequeños, en cambio la mezcla con pulpa de banano seda y residuos de pulpa de naranja y su contenido de fibra hace que el helado sea más viscoso y por tanto, se reduce el porcentaje de masa derretida.

Los resultados de la fusión analizados con el diseño de mezcla, mostraron que ningún modelo explicó mejor la relación entre la variable respuesta y las variables independientes en el Cuadro 17. Por tanto, en el análisis de varianza (ANVA) no mostró significancia estadística del modelo ( $p < 0.05$ ).

Cuadro 17. Análisis de varianza para los diferentes modelos fijados para la fusión en helado tipo crema

Modelo	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	p	R <sup>2</sup>
Lineal	796.288	2	398.144	0.171	0.396
Cuadrático	300.408	3	100.136	0.738	0.545
Cúbico especial	615.362	1	615.362	0.089	0.851

#### 4.6. Efecto de la mezcla de pulpa de banano seda Gross Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera sobre la aceptabilidad general en helado tipo crema

En la Figura 10 y 11 se muestra los contornos y superficie de respuesta generados por el Diseño de mezcla simplex con centroide ampliado, donde se aprecia el efecto de la aceptabilidad general en helado tipo crema. Los valores de la aceptabilidad general variaron entre 4.62 y 6.86 en helado tipo crema, que corresponde a una percepción de “no me agrada ni me desagrada” a “me agrada moderadamente”. En el Anexo 9 se encuentran las calificaciones de la aceptabilidad general del helado tipo crema.

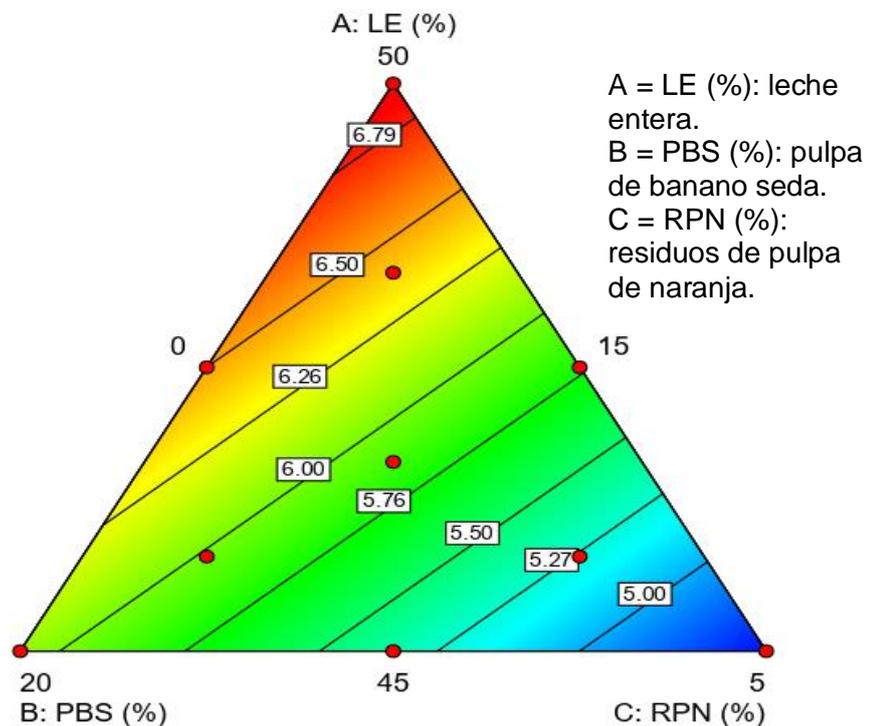


Figura 9. Contornos del efecto simple y combinaciones de las concentraciones de pulpa de banano seda Gross Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera sobre la aceptabilidad general en helado tipo crema

Al evaluar el efecto simple de las variables independientes, indico que la concentración de pulpa de banano seda y leche entera permitiendo obtener valores adecuados de aceptabilidad general.

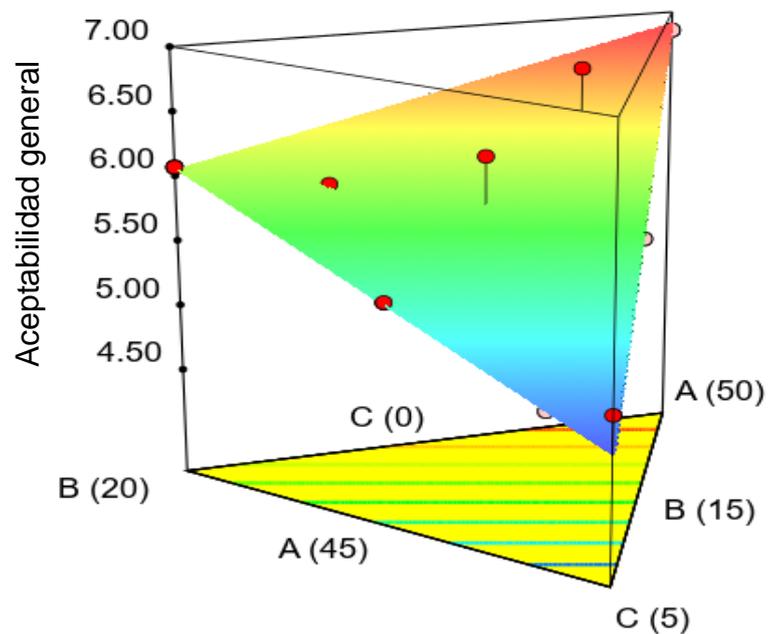


Figura 10. Superficie de respuesta de las concentraciones de pulpa de banano seda Gross Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera sobre la aceptabilidad general en helado tipo crema

En el caso del efecto binario se determinó que a concentraciones intermedias de pulpa de banano seda y leche entera, presento adecuados valores cercanos a 7 puntos. Mientras que al medir el efecto ternario se determinó que valores intermedios de concentración de pulpa de banano seda y leche entera, y altas concentraciones de residuos de pulpa de naranja en polvo permitieron obtener valores bajos de aceptabilidad

general. Es posible que los panelistas hayan interpretado un sabor más sutil entre tratamientos con mayor concentración de pulpa de banano seda y residuos de pulpa de naranja, debido a que el sabor y aroma de los ácidos orgánicos predominan en las frutas; y el aporte de la fibra cítrica, aumentó la viscosidad y la disminución de la percepción de los cristales de hielo, lo que influyó la preferencia de los panelistas y su aceptación general (Silva y Lannes, 2011).

En esta investigación, los tratamientos con mayor aceptación fueron los de mínimo concentración de residuos de pulpa de naranja en polvo (0.83%) en la aceptabilidad general, ya que, a mayor concentración, influía en el olor, color y sabor, y otras características sensoriales. Gutiérrez (2019) investigó el efecto de tres concentraciones (1, 2 y 3%) de fibra cítrica en polvo sobre la aceptabilidad general de un helado tipo crema de vainilla, determinando que a medida que aumentaba la fibra, el nivel de agrado disminuía.

Comas y otros (2013) analizaron el efecto de la fibra de cáscara de naranja (0.00; 0.74 y 1.10%) sobre la aceptabilidad general en helado tipo sorbete sabor a chocolate. Los resultados indicaron que, al aumentar la sustitución de fibra cítrica, los valores promedios de las calificaciones disminuyeron de 8.01 a 6.86. Dichos valores son parecidos con los obtenidos en esta investigación, con la misma tendencia. Así mismo, Dervisoglu y Yazici (2016) informaron que la adición de fibra cítrica aumentó las propiedades de color y estos resultados están de acuerdo con los resultados del estudio actual, ya que los panelistas hicieron mención de la tonalidad de los diferentes tratamientos.

En los helados, la aceptabilidad de los consumidores es altamente definida por la textura y el sabor. El sabor es una característica sensorial detectada por los receptores de la lengua y la nariz, mientras que la textura

se percibe en la boca durante el proceso de masticación (Camacho y otros, 2005).

Dervisoglu y Yazici (2016) evaluaron la influencia de la fibra cítrica sobre las características sensoriales en un helado tipo crema, indicaron que el helado con menor cantidad de fibra cítrica (0.8%) presentó mayor aceptación sensorial en cuanto a color, sabor y cremosidad. Esto se corrobora, ya que los panelistas prefirieron los tratamientos con menor concentración de residuos de pulpa de naranja.

El overrun y la fusión están asociados con el volumen de aire durante el proceso de elaboración. Esta propiedad proporciona una ligera textura y cremosidad en el helado (Yanqilar, 2015). Con la adición de pulpa de plátano seda se logró un aumento de la viscosidad, disminución del overrun y desaprobación por parte de los panelistas, ya que disminuía las características propias de un helado tipo crema con mayor concentración de pulpa de banana seda.

Los resultados de la aceptabilidad general analizados con el diseño de mezcla, determinaron que el modelo lineal explicó mejor la relación entre la aceptabilidad general y las variables independientes en el Cuadro 18. En el análisis de varianza (ANVA) mostró significancia estadística para el modelo lineal ( $p < 0.05$ ) y coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0.831; mientras que el resto de modelos no presentaron efecto significativo ( $p < 0.05$ ).

Cuadro 18. Análisis de varianza para los diferentes modelos fijados para la aceptabilidad general en helado tipo crema

Modelo	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	p	$R^2$
Lineal	3.994	2	1.997	0.002	0.831
Cuadrático	0.014	3	0.005	0.995	0.833

Cúbico especial	0.104	1	0.104	0.552	0.855
-----------------	-------	---	-------	-------	-------

En el Cuadro 19 se presentan los coeficientes de regresión empleados para establecer la ecuación seleccionada que determina el efecto de las variables independientes en la respuesta (Ecuación 3); y la significancia del coeficiente para su elección como componente del modelo.

$$\text{Aceptabilidad general} = 6.923*A + 6.076*B + 4.641*C \text{ (Ecuación 3)}$$

En la ecuación 3 se indica que el efecto individual de la concentración de leche entera, la pulpa de banano seda Gross Michell y los residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo fue positivo contribuyendo al modelo.

Cuadro 19. Coeficientes de regresión del modelo fijado para la aceptabilidad general en helado tipo crema

Componente	Coeficiente	p
LE (%): A	6.923	0.000
PBS (%): B	6.076	0.000
RPN (%): C	4.641	0.000

#### **4.7. Optimización multirespuesta para la mezcla de pulpa de banano seda Gross Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera en helado tipo crema**

Para la optimización multirespuesta se realizó una superposición de contornos de las variables respuesta que pudieron ser modelados (contenido de fibra cruda, overrun y aceptabilidad general), donde la mezcla óptima predicha de leche entera al 49.25%, pulpa de banano seda al 15.46% y residuo de pulpa de naranja al 0.29% permitió obtener respuestas

óptimas predichas para fibra cruda de 3.19%, overrun de 40.73% y aceptabilidad general de 6.71 (Figura 12).

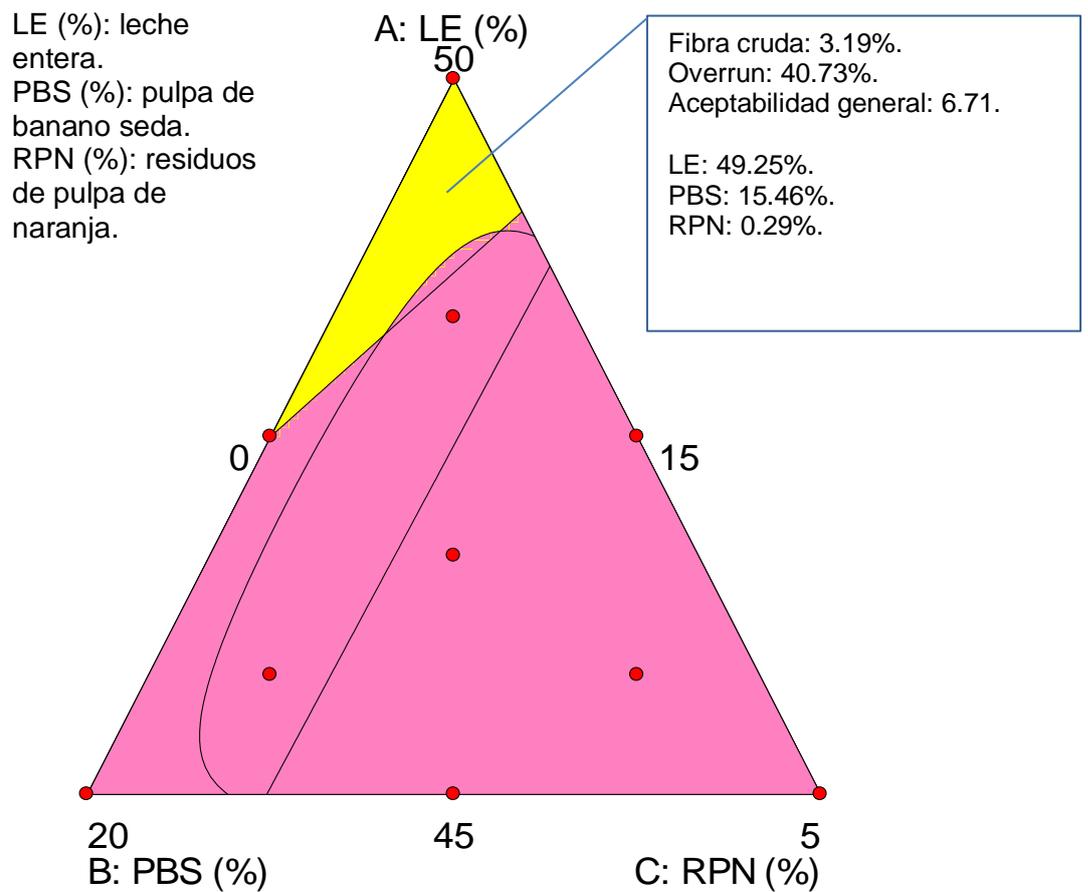


Figura 11. Optimización de las mezclas de pulpa de banano seda Gross Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera en helado tipo crema

## V. CONCLUSIONES

La mezcla de pulpa de banano seda Gross Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera presentó efecto significativo y  $R^2$  superior a 0.79 sobre la fibra cruda, cromaticidad  $b^*$  (tonalidad amarillo claro), overrun y aceptabilidad general, en cuanto a la viscosidad aparente, ningún modelo dio efecto significativo debido a que no existió un comportamiento definido, en luminosidad ( $L^*$ ) y cromaticidad  $a^*$  (tonalidad ligeramente verde).

El mejor tratamiento fue la mezcla de pulpa de banano Gross Michell al 15.46%, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo al 0.29% y leche entera al 49.25% para el helado tipo crema, indicando que a mayor contenido de fibra cruda aumenta el tiempo de derretimiento, manteniendo sus características sensoriales y las respuestas optimas predichas fueron fibra cruda 3.19%, overrun 40.73% y aceptabilidad general 6.7 puntos.

## VI. RECOMENDACIONES

Evaluar tiempos de batido y maduración sobre el overrun en helado tipo crema con pulpas de otras frutas exóticas (aguaje, pitahaya, camu camu, cocona y acai).

Evaluar el helado tipo crema con leche de cabra y comparar con helados tipo artesanales y comerciales.

Debido a la demanda que existe actualmente en los mercados de los helados, es necesario seguir estudios con otros residuos agroindustriales (manzana, naranja y mango).

Incluir otros métodos estadísticos como Deseabilidad para la optimización de multirespuesta.

Realizar la caracterización de la materia prima de investigación (pulpa de banano y residuos de pulpa de naranja).

Realizar pruebas con sustituciones de pulpa de naranja con valores menores del 2.5% en las próximas investigaciones.

## VII. REFERENCIAS

AGROLALIBERTAD. (2019). Banano de molino. La Libertad Portal Agrario Regional. Disponible en:

<http://www.agrolalibertad.gob.pe/?q=node/775>

Akalin, A. y Erisir, D. 2008. Effects of inulin and oligofructose on the rheologic characteristics and probiotic culture survival in low-fat probiotic ice cream. *Journal of Food Science*, 73(4):182-189.

Alkarkhi, A., Ramli, S., Yong, Y. y Easa, A. (2011). Comparing physicochemical properties of banana pulp and peel flours prepared from green and ripe fruits. *Food Chemical*, 8: 129:312.

Ángulo, F. (2016). Efecto de la concentración de leche de quinua, leche de coco y leche concentrada de vaca sobre el overrun, viscosidad aparente, fusión, acidez titulable y aceptabilidad general en helado tipo crema. Tesis para obtener el título de Ingeniera en Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú.

Anzaldúa-Morales, A. (2005). La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Información sobre análisis sensorial en alimentos. Zaragoza, España: Editorial Acribia.

AOAC. (2000). Official Method 991.43. Total, soluble and insoluble dietary fibre in foods. New York, USA: Editorial Board.

AOAC International. (1997). Official Methods of Analysis. Washington, DC., USA: Editorial Agricultural Chemical Association.

Arshad, U., Huma, N., Ehsan, B., Jabbar, K. y Khurram, A. (2013). Effect of different concentrations of strawberry pulp on the properties of ice cream. *International Journal of Agriculture and Biology*, 5(4): 635-639.

Barrionuevo, M., Carrasco, J., Cravero, B. y Ramón, A. 2011. Formulación de un helado dietético sabor a arándano con características prebióticas. *Revista DIAETA*, 29(134):23-28. Buenos Aires. Argentina.

Blasco, G. y Gómez, F. (2014). Propiedades funcionales del plátano. *Revista Médica de la Universidad Veracruzana*. Veracruz, México.

Camacho, M., Martínez, N. y Chiralt, A. (2005). Rheological characterization of experimental dairy creams formulated with locust bean gum (LBG) and carrageenan combinations. *International Dairy Journal*, 15 (3): 243-248.

Cárdenas, F. (2014). Estudio del mercado de la cadena de plátano. Ministerio de Agricultura. Dirección General de Competitividad Agraria.

Recuperado de:

[http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/manuales-boletines/banano/estudio\\_platano.pdf](http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/manuales-boletines/banano/estudio_platano.pdf).

Casallas, L. (2015). Evaluación del análisis fisicoquímico del banano común transformado por acción de la levadura *Candida guilliermondii*. Tesis para obtener el Grado de Microbióloga Industrial y Nutricionista Dietista. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia.

Chárfer, M., Ortolá, M., Chiralt, A. y Fito, P. (2017). Aprovechamiento alimentario de la corteza de naranja por técnicas de impregnación a vacío. Universidad Politécnica de Valencia. España. Recuperado en: <http://fci.uib.es/Servicios/libros/conferencias/seae/Aprovechamiento-alimentario-de-la-corteza-de.cid221911>.

Comas, C., Morales, T., Ramos, R., de Oliveira, A. y Hickmann, S. (2013). Desenvolvimento de sorbete de chocolate utilizando fibra de cáscara de la naranja. *Revista Ciencia Rural*, 43(10):1892-1897

Corvitto, A. (2004). *Los secretos del helado, el helado sin secretos*. Barcelona, España. Editorial Vilbo.

De Moraes, C., Ramos, R., Rios, A., Rech, A. y Hickman, S. (2014). Orange fiber as a novel fat replacer in lemon ice cream. *Revista Sociedade Brasileira de Ciencia e Tecnología de Alimentos*, 34(2):332-340.

Del Castillo, R. y Mestres, J. (2004). *Tecnología de productos lácteos*. Barcelona, España. Editorial Ediciones UPC.

Dervisoglu, M. y Yazici, F. (2016). The effect of citrus fibre on the physical, chemical and sensory properties of ice cream. Ondokuz Mayıs University. Samsun, Turkey.

Días, M. (2013). *Producción, comercialización de la naranja y su relación con la economía en Ecuador*. Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniera Comercial. Universidad Técnica de Cotopaxi. Cotopaxi, Ecuador.

Di Bartolo, E. (2005). *Guía para la elaboración de helados*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos. Subsecretaría de Política Agropecuaria y Alimentos. Dirección Nacional de Alimentos. Argentina.

Dublán, O. y Montúfar, K. 2014. *Fibras dietarias y su aplicación en el desarrollo tecnológico de productos alimentarios como alternativa de alimentos funcionales*. Tesis para obtener el Título de Ingeniero Químico. Universidad Autónoma del Estado de México.

Duque, L., Giraldo, G. y Quintero, V. 2011. Caracterización de la fruta, pulpa y concentrado de uchuva (*Physalis peruviana* L.). Temas agrarios, 16(1):75-83.

Fiberstar. (2016). La guía del usuario Citri-Fi. Estados Unidos de Norteamérica. Recuperado de:  
<http://www.fiberstar.net/contact/>

Flores, I. (2011). Selección de clones y cultivares de plátano y banano resistentes a plagas de importancia en condiciones de Satipo. Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniera Agrónoma. Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.

García, A. (2015). Efecto de la proporción de pulpa de zanahoria (*Daucus carota* L.) en las características fisicoquímicas y aceptabilidad general de un helado tipo crema. Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial. Universidad Cesar Vallejo. Trujillo, Perú.

Gaspar, K. (2017). Efecto de la sustitución parcial de la crema de leche por oleína de palma (*Elaeis guineensis*) y grasa de almendra de mango (*mangifera indica* L.) sobre la viscosidad aparente, overrun, tiempo de derretimiento y aceptabilidad general en helado de vainilla. Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú.

Gestión. (2018). Consumo de helados en Perú se quintuplicará en cinco años. Lima, Perú: Diario Gestión. Recuperado de  
<https://gestion.pe/economia/consumo-helados-peru-quintuplicara-cinco-anos-nndc-249438-noticia/>

Gösta, B. (1996). Manual de Industrias Lácteas. Lund, Suecia: Mundi Prensa Libros.

Guerrero, D., Flores, A., Jo, O., Lama, D., Luy, G. y Mao, J. (2012). Diseño y experimentación de la línea de producción de una planta procesadora de limones. Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniería Industrial. Universidad de Piura. Piura, Perú.

Gutiérrez, E. (2014). Elaboración de panes con fibra dietaria por adición de bagazo de manzana y mandarina en polvo. Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.

Hernández, M. (2016). Visión alimentaria en la prevención del cáncer. Editorial Científico-Técnica. España, Madrid.

INDECOPI. (2006). Norma Técnica Peruana 202.057. Leche y productos lácteos: Helados, requisitos. 2da Edición. Lima, Perú.

Karaman, S., Toker, O., Yuksel, F., Cam, M., Kayacier, A. y Dogan, M. (2014). Physicochemical, bioactive and sensory properties of persimmon-based cream technique for order preference by similarity to ideal solution to determine optimum concentration. Journal of Dairy Science, 97(1): 97-110.

Madrid, A. y Cenzano, I. (2003). Helados. Elaboración, análisis y control de calidad. Madrid, España: Ediciones Mundi Prensa.

Madrigal, D., López, R. y Rodríguez, S. (2015). Aprovechamiento de desperdicios del beneficio del limón. Instituto Tecnológico de Oaxaca. México.

Mancera, J. (2010). Diseño de una pulpa funcional de frutas y hortalizas con propiedades antioxidantes y probióticas. Tesis para obtener el Grado académico de Magister en Ingeniería Química. Universidad Nacional de Colombia. Colombia.

Martínez, R. (2005). Evaluación de una mezcla de estabilizantes y emulsificantes en la elaboración de un helado cremoso con grasa vegetal sobre las características de la mezcla base y del producto final. Universidad Nacional de Colombia. Sede Manizales, Colombia.

Melo, D., Torres, Y., Serna, J. y Torres, L. (2015). Aprovechamiento de pulpa y cáscara de plátano para la obtención de maltodextrina. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 13(2):76-85.

Ministerio de Agricultura y Riego. (2020). Estudio del mercado de la naranja, producción y comercio del Perú. Dirección General de Políticas Agrarias.

Ministerio de Agricultura y Riego. (2019). Estudio del mercado de la cadena de plátano 2019. Lima, Perú.

Montaño, M. (2011). Determinación, cuantificación y comparación de la concentración de vitamina C en naranja, limón y mandarina por HPLC. Tesis para obtención el Título Profesional de Licenciado en Ciencias Químicas. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito, Ecuador

Montgomery, D. (2011). Diseño y análisis de experimentos. México, México D.F.: Editorial Limusa.

Montúfar, K. 2014. Fibras dietarias y su aplicación en el desarrollo tecnológico de productos alimentarios como alternativa de alimentos funcionales. Tesis para obtener el título de Químico en Alimentos. Universidad Autónoma del Estado de México.

Neacsu, M., Vaughan, N., Raikos, V., Multari, S., Duncan, G., Duthie, G. y Russell, W. (2015). Phytochemical profile of commercially available food plant powders: their potential role in healthier food reformulations. *Food Chemistry*; 17:159-169.

Noor, A., Mokhtar, M., Rafiqul, Z. y Pramod, M. (2012). Understanding color models *Journal of Science and Technology*; 2(3):265–275.

Ocrospoma, R (2015). Caracterización del helado de vainilla enriquecido con pasta de cascara de papa como complemento alimenticio. Tesis para obtener el Título Profesional de Maestro en Ciencias de los Alimentos. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Perú.

Pinillos, J. y Lopera, C. (2009). Elaboración de una formulación farmacéutica a través de un diseño experimental de mezclas. *VITAE, Revista de la Facultad de Química Farmacéutica*, 16(3): 338-353.

Pintor, M. y Totosaus, A. (2013). Propiedades funcionales de sistemas lácteos congelados y su relación con la textura del helado. *Biotecnología y Ciencia Agropecuarias*, 25(1):56-61.

Posada, L., Sepulveda, J. y Restrepo, D. (2012). Selección y evaluación de un estabilizante integrado de gomas sobre las propiedades de calidad en mezclas para helado duro. *VITAE, Revista de la Facultad de Química Farmacéutica*, 175: 34-49.

Puente, E., Romero, R., Rodríguez, M. y Trejo, H. (2015) Aplicación del diseño por mezclas en la industria alimentaria. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. México.

Quiroz, J. (2019). Efecto del tipo de fibra y concentración de bacterias probióticas sobre las características fisicoquímicas, microbiológicas y aceptabilidad general en helado tipo crema. Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú.

Ramírez-Navas, J., Rengifo, C. y Rubiano, A. (2015). Parámetros de calidad en helados. Universidad del Valle. Colombia.

Rodríguez, W. (2014). Efecto de dos concentraciones de crema de leche (6 y 8%) y tres concentraciones de pulpa de aguaymanto (10, 20 y 30%) sobre el overrun, viscosidad y aceptabilidad general del helado tipo crema. Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego.

Romero, C. (2016). Sustitución de sólidos no grasos lácteos por harina de amaranto en helados de crema. Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniera de Alimentos. Universidad de la Salle. Arequipa, Perú

Romero M., Osorio P., Bello L., Tovar J. y Bernardino A. (2011). Fiber Concentrate from Orange (*Citrus sinensis* L.) Bagase: Characterization and Application as Bakery Product Ingredient.

Rosales, M. (2010). Comercialización de jugo de naranja y mandarina procesado. Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero en Administración de negocios. Universidad Técnica Particular de Loja. Loja, Ecuador.

Ruiz, M. 2011. Avance de resultados sobre consumo de fibra en España y beneficios asociados a la ingesta de fibra insoluble. *Revista Española Nutricional Comunitaria*, 16(3):147-153.

Sánchez, I. (2009). Diseño y evaluación de un helado funcional elaborado a partir del fruto de *Litchi chinensis* Sonn, adicionado con fibra de avena. Tesis para obtener el Grado académico de Maestro en Ciencias Quimicobiológicas. Instituto Politécnico Nacional. México.

Siche, R., Aredo, V., Velásquez, L. y Castillo, I. (2016). El Diseño Simplex-Centroide y la Funcion de Deseabilidad en la optimización de la aceptabilidad sensorial de pan dulce enriquecido con *Chenopodium quinoa*. *Enfoque UTE*, 7(3): 70-81.

Siche, R., Arteaga, H., Saldaña, E. y Vieira, T. (2016). Antioxidant Capacity of Binary and Ternary Mixtures of Orange, Grape, and Starfruit Juices. *Current Nutrition and Food Science*, 12(1):65-71.

Silva, J y Lannes, S. (2011). Effect of different sweetener blends and fat types on ice cream properties. *Ciencia Tecnología de Alimentos*, 31(1):217-220.

Tablas Peruanas de Composición de Alimentos. (2017). Ministerio de Salud. Instituto Nacional de Salud. Lima, Perú. Recuperado de: <http://repositorio.ins.gob.pe/bitstream/handle/INS/1034/tablas-peruanas-2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ureña, M., D´arrigo, M. y Girón, O. (1999). Evaluación sensorial de los alimentos. Lima, Perú: Editorial Agraria.

Vieira, S., Aguiar, R., Silvia, A., Braga, S., Ribeiro, E. y Teixeira, S. (2016). Development of ice creams with acerola pulp source of vitamin C. IV International Technical Symposium. Brasil.

Villacís. E. (2010). Formulación de helados aptos para diabéticos. Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial. Escuela Politécnica Nacional, Ecuador.

Yangilar, F. (2015). Effects of green banana flour on the physical, chemical and sensory properties of ice cream. *Food Technology and Biotechnology*, 53(3): 315-323.

## **viii. ANEXOS**

Anexo 1. Valores de la viscosidad aparente del helado tipo crema con la mezcla de pulpa de banano seda Gross Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera

Factores				Viscosidad aparente			
Tratamientos	A:Leche entera	B:Pulpa de banano	C:Residuos de pulpa de naranja	R1	R2	R3	Promedio
1	50.00	15.00	0.00	2478	2466	2472	2472
2	45.00	20.00	0.00	785	765	774	775
3	45.00	15.00	5.00	83500	81900	80900	82100
4	47.50	17.50	0.00	850	875	862	862
5	47.50	15.00	2.50	3435	3264	3350	3350
6	45.00	17.50	2.50	1912	1884	1890	1895
7	46.67	16.67	1.67	3650	3620	3680	3650
8	48.33	15.83	0.83	3172	3182	3172	3175
9	45.83	18.33	0.83	4700	4710	4690	4700
10	45.83	15.83	3.33	42700	42300	42500	42500

Anexo 2. Valores del color (L\*) del helado tipo crema con la mezcla de pulpa de banano seda Gross Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera

Factores				L*			
Tratamientos	A:Leche entera	B:Pulpa de banano	C:Residuos de pulpa de naranja	R1	R2	R3	Promedio
1	50.00	15.00	0.00	74.10	74.25	74.17	74.17
2	45.00	20.00	0.00	73.74	74.11	73.92	73.92
3	45.00	15.00	5.00	69.07	69.20	69.13	69.13
4	47.50	17.50	0.00	71.92	72.90	72.41	72.41
5	47.50	15.00	2.50	71.85	72.32	72.09	72.09
6	45.00	17.50	2.50	70.38	70.32	70.35	70.35
7	46.67	16.67	1.67	70.48	70.62	70.52	70.54
8	48.33	15.83	0.83	73.67	73.54	73.61	73.61
9	45.83	18.33	0.83	67.52	67.35	67.43	67.43
10	45.83	15.83	3.33	67.76	67.60	67.68	67.68

Anexo 3. Valores del color (a\*) del helado tipo crema con la mezcla de pulpa de banano seda Gross Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera

Factores				a*			
Tratamientos	A:Leche entera	B:Pulpa de banano	C:Residuos de pulpa de naranja	R1	R2	R3	Promedio
1	50.00	15.00	0.00	-2.95	-2.86	-2.90	-2.90
2	45.00	20.00	0.00	-3.08	-3.02	-2.90	-3.00
3	45.00	15.00	5.00	-1.98	-2.02	-2.06	-2.02
4	47.50	17.50	0.00	-3.18	-3.06	-3.12	-3.12
5	47.50	15.00	2.50	-2.00	-1.88	-1.94	-1.94
6	45.00	17.50	2.50	-1.89	-1.82	-1.86	-1.86
7	46.67	16.67	1.67	-2.28	-2.39	-2.42	-2.36
8	48.33	15.83	0.83	-2.79	-2.66	-2.72	-2.72
9	45.83	18.33	0.83	0.09	0.19	0.16	0.15
10	45.83	15.83	3.33	-1.44	-1.32	-1.38	-1.38

Anexo 4. Valores del color (b\*) del helado tipo crema con la mezcla de pulpa de banano seda Gross Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera

Factores				b*			
Tratamientos	A:Leche entera	B:Pulpa de banano	C:Residuos de pulpa de naranja	R1	R2	R3	Promedio
1	50.00	15.00	0.00	11.42	11.66	11.54	11.54
2	45.00	20.00	0.00	12.50	12.31	12.41	12.41
3	45.00	15.00	5.00	15.31	15.34	15.38	15.34
4	47.50	17.50	0.00	13.30	13.14	13.22	13.22
5	47.50	15.00	2.50	14.25	13.18	13.71	13.71
6	45.00	17.50	2.50	14.50	14.32	14.41	14.41
7	46.67	16.67	1.67	13.00	12.73	12.86	12.86
8	48.33	15.83	0.83	12.01	12.01	11.82	11.95
9	45.83	18.33	0.83	14.70	15.03	14.86	14.86
10	45.83	15.83	3.33	16.45	16.43	16.44	16.44

Anexo 5. Valores de la fibra del helado tipo crema con la mezcla de pulpa de banano seda Gross Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera

Factores				Fibra			
Tratamientos	A:Leche entera	B:Pulpa de banano	C:Residuos de pulpa de naranja	R1	R2	R3	Promedio
1	50.00	15.00	0.00	2.38	2.28	2.18	2.28
2	45.00	20.00	0.00	3.13	3.23	3.32	3.23
3	45.00	15.00	5.00	7.32	7.45	7.57	7.45
4	47.50	17.50	0.00	2.66	2.78	2.59	2.68
5	47.50	15.00	2.50	5.46	5.57	5.38	5.47
6	45.00	17.50	2.50	5.49	5.58	5.67	5.58
7	46.67	16.67	1.67	6.76	6.85	6.76	6.79
8	48.33	15.83	0.83	5.18	5.26	5.33	5.26
9	45.83	18.33	0.83	4.54	4.43	4.32	4.43
10	45.83	15.83	3.33	6.95	7.01	7.06	7.01

Anexo 6. Valores del overrun del helado tipo crema con la mezcla de pulpa de banano seda Gross Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera

Factores				Overrun			
Tratamientos	A:Leche entera	B:Pulpa de banano	C:Residuos de pulpa de naranja	R1	R2	R3	Promedio
1	50.00	15.00	0.00	49.53	49.63	49.43	49.53
2	45.00	20.00	0.00	41.19	40.87	41.30	41.12
3	45.00	15.00	5.00	6.00	6.00	6.02	6.00
4	47.50	17.50	0.00	41.51	41.42	41.59	41.51
5	47.50	15.00	2.50	29.34	29.60	29.30	29.41
6	45.00	17.50	2.50	31.72	31.58	31.82	31.71
7	46.67	16.67	1.67	22.00	21.70	22.29	22.00
8	48.33	15.83	0.83	28.30	28.20	28.40	28.30
9	45.83	18.33	0.83	40.20	40.15	40.24	40.20
10	45.83	15.83	3.33	7.92	7.85	8.00	7.92

Anexo 7. Valores de fusión del helado tipo crema con la mezcla de pulpa de banano seda Gross Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera

Factores				Fusión			
Tratamientos	A:Leche entera	B:Pulpa de banano	C:Residuos de pulpa de naranja	R1	R2	R3	Promedio
1	50.00	15.00	0.00	16.30	16.30	16.30	16.30
2	45.00	20.00	0.00	18.70	18.60	18.79	18.70
3	45.00	15.00	5.00	51.10	51.16	51.04	51.10
4	47.50	17.50	0.00	16.50	16.52	16.48	16.50
5	47.50	15.00	2.50	30.71	31.10	30.90	30.90
6	45.00	17.50	2.50	32.10	32.20	32.00	32.10
7	46.67	16.67	1.67	48.80	48.90	48.70	48.80
8	48.33	15.83	0.83	47.20	47.20	46.90	47.10
9	45.83	18.33	0.83	49.49	49.40	49.32	49.40
10	45.83	15.83	3.33	50.20	50.60	50.40	50.40

Anexo 8 Diseño de bloques incompleto balanceado utilizado en prueba de aceptabilidad general

Jueces	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
1		B		D	E			H	I	
2			C		E	F	G	H		
3						F	G	H	I	J
4	A				E	F		H	I	
5		B	C	D		F		H		
6	A	B	C		E		G			
7	A		C	D			G		I	
8		B			E		G		I	J
9	A		C			F			I	J
10		B	C		E	F				J
11	A	B					G	H		J
12			C	D	E				I	J
13	A	B	C					H	I	
14	A	B		D		F				J
15	A			D	E	F	G			
16	A			D	E			H		J
17			C	D			G	H		J
18		B		D		F	G		I	

Jueces	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
19		B		D	E			H	I	
20			C		E	F	G	H		
21						F	G	H	I	J
22	A				E	F		H	I	
23		B	C	D		F		H		
24	A	B	C		E		G			
25	A		C	D			G		I	
26		B			E		G		I	J
27	A		C			F			I	J
28		B	C		E	F				J
29	A	B					G	H		J
30			C	D	E				I	J
31	A	B	C					H	I	
32	A	B		D		F				J
33	A			D	E	F	G			
34	A			D	E			H		J
35			C	D			G	H		J
36		B		D		F	G		I	

Jueces	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
37		B		D	E			H	I	
38			C		E	F	G	H		
39						F	G	H	I	J
40	A				E	F		H	I	
41		B	C	D		F		H		
42	A	B	C		E		G			
43	A		C	D			G		I	
44		B			E		G		I	J
45	A		C			F			I	J
46		B	C		E	F				J
47	A	B					G	H		J
48			C	D	E				I	J
49	A	B	C					H	I	
50	A	B		D		F				J
51	A			D	E	F	G			
52	A			D	E			H		J
53			C	D			G	H		J
54		B		D		F	G		I	

Anexo 9. Calificaciones de la aceptabilidad general del helado tipo crema con la mezcla de pulpa de banano seda Gross Michell, residuos de pulpa de naranja Valencia en polvo y leche entera.

Jueces	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
1		4		8	5			7	8	
2			3		7	5	7	6		
3						4	7	6	6	3
4	7				6	7		6	5	
5		6	7	5		8		8		
6	8	6	7		4		8			
7	4		7	7			6		6	
8		2			6		4		6	5
9	6		4			6			6	8
10		4	6		6	5				6
11	6	6					7	6		8
12			6	7	7				4	6
13	7	6	6					8	7	
14	7	6		6		5				5
15	7			4	4	8	6			
16	3			7	7			6		4
17			2	7			4	5		4
18		7		7		5	7		6	

Jueces	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
19		6		6	4			7	7	
20			7		6	5	6	8		
21						7	6	7	7	7
22	6				7	7		7	6	
23		7	4	4		5		6		
24	5	7	6		5		6			
25	7		2	8			2		6	
26		5			5		6		8	2
27	7		4			4			6	4
28		5	7		4	5				6
29	8	2					3	6		4
30			6	7	6				6	7
31	7	4	7					7	7	
32	7	4		7		7				2
33	8			5	4	4	7			
34	7			6	6			6		4
35			8	5			8	8		4
36		5		4		7	5		6	

Jueces	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
37		5		4	3			5	4	
38			5		6	8	5	7		
39						7	4	3	6	5
40	6				6	5		8	6	
41		3	6	5		4		5		
42	7		7		3		4			
43	6		6	5			7		7	
44		4			5		6		5	7
45	5		4			6			6	8
46		5	4		5	6				7
47	6	6					6	9		6
48			8	7	7				7	8
49	8	7	4					5	6	
50	5	6		8		5				8
51	6			6	4	8	7			
52	4			5	5			6		5
53			5	7			6	8		7
54		6		6		6	7		6	

Anexo 10. Caracterización de la pulpa de banano seda Gross Michell  
y leche entera

Banano seda Gross Michell			
Replicas	Acidez (% ácido málico)	Solidos solubles (°Brix)	pH
1	0.31	24.0	3.92
2	0.39	27.5	3.97
3	0.34	22.0	4.04
Promedio	0.35	24.0	3.98
Leche entera			
Replicas	Acidez (% ácido láctico)	Solidos totales (%)	Grasa (%)
1	0.19	10.8	3.2
2	0.23	11.4	3.0
3	0.21	11.4	3.2
Promedio	0.21	11.4	3.2