

**Elaboración de jugo funcional de guayaba  
(*Psidium guajava L.*) a partir de mermas y  
coproductos de la producción de guayaba en  
El Salvador**

**Gerardo José Artero Carranza**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano  
Honduras**

Noviembre, 2015

ZAMORANO  
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

**Elaboración de jugo funcional de guayaba  
(*Psidium guajava L.*) a partir de mermas y  
coproductos de la producción de guayaba en  
El Salvador**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar  
al título de Ingeniero en Agroindustria Alimentaria en el  
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

**Gerardo José Artero Carranza**

**Zamorano, Honduras**  
Noviembre, 2015

# **Elaboración de jugo funcional de guayaba (*Psidium guajava L.*) a partir de mermas y coproductos de la producción de guayaba en El Salvador**

Presentado por:

Gerardo José Artero Carranza

Aprobado:

---

Juan Antonio Ruano, D.Sc.  
Asesor Principal

---

Luis Fernando Osorio, Ph.D.  
Director  
Departamento de Agroindustria  
Alimentaria

---

Jorge Cardona, Ph.D.  
Asesor

---

Raúl H. Zelaya, Ph.D.  
Decano Académico

---

Sandra Espinoza, M.Sc.  
Asesora

## **Elaboración de jugo funcional de guayaba (*Psidium guajava* L.) a partir de mermas y co-productos de la producción de guayaba en El Salvador**

**Gerardo José Artero Carranza**

**Resumen:** Los alimentos funcionales lideran las tendencias actuales del mercado alimentario debido al aumento en la cantidad de enfermedades como la diarrea. La guayaba es una fruta que ayuda a la disminución de la perístasis intestinal así como al mantenimiento de un sistema circulatorio saludable. La infusión de hojas de guayaba ayuda a la buena digestión. La presente investigación evaluó la utilización de un puré obtenido de la guayaba y la infusión de la hoja seca de guayaba en agua en la optimización de un jugo funcional, evaluando su efecto en las propiedades físicas y antimicrobianas, creando un modelo matemático para cada una de las variables respuesta. Se usó un diseño de superficie de respuesta con las variables independientes: relación de puré de guayaba y té, y porcentaje de goma Xantán con tres niveles y dos axiales, obteniendo doce unidades experimentales. Se caracterizó cada tratamiento en base a viscosidad, color, °Brix, acidez y separación de fases. El resultado obtenido de la optimización presentó una relación 60:40% de té:puré y un 0.055% de goma Xantán. Se obtuvieron modelos matemáticos predictivos para las variables: viscosidad, color acidez y separación de fases. Se realizó un análisis microbiológico para la identificación de *Escherichia coli* por medio de técnica de número más probable (NMP) dando resultados dentro del límite máximo permitido por el reglamento técnico centroamericano (RTC). Se realizó un análisis sensorial de aceptación en la percepción de color, olor, viscosidad, dulzura, consistencia y aceptación general generando un 50% de aceptación general del jugo.

**Palabras clave:** Acidez, °Brix, color, inhibición microbiana, olor, separación de fases, viscosidad

**Abstract:** Functional foods lead current trends in the food market due to the increase in the number of diseases like diarrhea. Guava is a fruit that helps to decrease the intestinal peristalsis and the maintenance of a healthy circulatory system. The infusion of guava leaves helps to have a good digestion. This research have the objective of using guava puree and the infusion of their dried leaves on water in the optimization of a functional juice, evaluating their effect on the physical and antimicrobial properties, creating a mathematical equations for each of the response variables. Response Surface Method was used on the independent variables: the relation of guava puree and tea, and percentage of xanthan gum with three factorial levels and two axial levels, obtaining twelve experimental units. Each treatment was characterized based on viscosity, color, ° Brix, acidity and phase separation. The result of the optimization presented a relation 60:40% tea: puree and 0.055% xanthan gum. Predictive mathematical models were obtained for the variables: Viscosity, color, phase separation and acidity. Microbiological analysis for the identification of *Escherichia coli* was performed using technique most probable number (MPN) giving results within the maximum limit permitted by the Central American Technical Regulation (RTC). A sensory analysis of acceptance in the perception of color, odor, viscosity, sweetness, consistency and general acceptance was performed generating a general acceptance of 50%.

**Keywords:** Acidity, ° Brix, color, microbial inhibition, odor, phase separation, viscosity

## CONTENIDO

Portadilla .....	i
Página de firmas .....	ii
Resumen .....	iii
Contenido .....	iv
Índice de cuadros, figuras y anexos.....	v
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>3</b>
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>10</b>
<b>4. CONCLUSIONES.....</b>	<b>28</b>
<b>5. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>29</b>
<b>6. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>30</b>
<b>7. ANEXOS.....</b>	<b>34</b>

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Niveles codificados de las variables independientes del experimento .....	6
2. Colección completa del diseño experimental del jugo funcional de <i>Psidium guajava L.</i> .....	7
3. Resultados de análisis físicos en los tratamientos de jugo funcional de <i>Psidium guajava L.</i> .....	11
4. Coeficientes de regresión, probabilidades (P) de un modelo de regresión polinomial, valores F y R <sup>2</sup> para viscosidad (Pa×s) en función de % relación té: puré (X <sub>1</sub> ) y % de emulsificante (X <sub>2</sub> ) en las formulaciones del jugo funcional de <i>Psidium guajava L.</i> .....	12
5. Coeficientes de regresión, probabilidades (P) de un modelo de regresión polinomial y R <sup>2</sup> para sólidos solubles totales (°Brix) en función de % relación té: puré (X <sub>1</sub> ) y % de emulsificante (X <sub>2</sub> ) en las formulaciones del jugo funcional de <i>Psidium guajava L.</i> .....	14
6. Coeficientes de regresión, probabilidades (P) de un modelo de regresión polinomial, valores F y R <sup>2</sup> para color (ΔE) en función de % relación té: puré (X <sub>1</sub> ) y % de emulsificante (X <sub>2</sub> ) en las formulaciones del jugo funcional de <i>Psidium guajava L.</i> .....	15
7. Coeficientes de regresión, probabilidades (P) de un modelo de regresión polinomial, valores F y R <sup>2</sup> para acidez (pH) en función de % relación té: puré (X <sub>1</sub> ) y % de emulsificante (X <sub>2</sub> ) en las formulaciones del jugo funcional de <i>Psidium guajava L.</i> .....	17
8. Resultados de análisis de separación de fases en los tratamientos de jugo funcional de <i>Psidium guajava L.</i> .....	20
9. Coeficientes de regresión, probabilidades (P) de un modelo de regresión polinomial, valores F y R <sup>2</sup> para separación de fases (%) en función de % relación té: puré (X <sub>1</sub> ) y % de emulsificante (X <sub>2</sub> ) en las formulaciones del jugo funcional de <i>Psidium guajava L.</i> .....	21
10. Costos variables para la producción de un litro del producto optimizado. ....	27

Figuras	Página
11. Flujo de proceso para elaboración de tratamientos de jugo funcional de guayaba.	4
12. Representación gráfica de distribución de niveles codificados del experimento: 1– 4: puntos factoriales; 5 – 8: puntos axiales; 9: punto central.....	7
13. Efecto del porcentaje de té y porcentaje de estabilizante sobre la viscosidad (Pa·s) en un jugo funcional de guayaba.....	13
14. Efecto del porcentaje de té y porcentaje de estabilizante sobre el color ( $\Delta E$ ) en un jugo funcional de guayaba.....	16
15. Efecto del porcentaje de té y porcentaje de estabilizante sobre la acidez (pH) en un jugo funcional de guayaba.....	18
16. Valores óptimos de las variables independientes sobre las propiedades físicas de un jugo funcional de guayaba.....	19
17. Efecto del porcentaje de té y porcentaje de estabilizante sobre las características deseables en un jugo funcional de guayaba.....	19
18. Efecto del porcentaje de té y porcentaje de estabilizante sobre el porcentaje de la separación de fases en un jugo funcional de guayaba.....	22
19. Rango de prueba hedónica de cinco puntos de análisis sensorial de aceptación....	23
20. Resultados de análisis sensorial por aceptación en el atributo de color. ....	23
21. Resultados de análisis sensorial por aceptación en el atributo de olor. ....	24
22. Resultados de análisis sensorial por aceptación en el atributo de viscosidad. ....	24
23. Resultados de análisis sensorial por aceptación en el atributo de dulzura. ....	25
24. Resultados de análisis sensorial por aceptación en el atributo de consistencia.....	26
25. Resultados de análisis sensorial por aceptación en la aceptación general del producto optimizado.....	27

Anexos	Página
26. Tabla para la interpretación de resultados del NMP. ....	34
27. Análisis sensorial preliminar de preferencia. ....	34
28. Análisis sensorial de aceptación.....	35

## 1. INTRODUCCIÓN

Para el año 2014 incrementó la tendencia a ingerir alimentos que ayudaban en el mantenimiento de un sistema digestivo saludable. Nueve de cada diez adultos hicieron un gran esfuerzo por consumir más nutrientes, vitaminas, minerales y hierbas en sus dietas (IFT, 2014). La atención ha estado centrada en la producción de medicinas y productos naturales para la prevención y control de enfermedades (Biswas *et al.*, 2013). La mala industrialización ha generado un aumento en la cantidad de enfermedades degenerativas y crónicas como problemas cardiovasculares, diabetes, diarrea y obesidad; reduciendo la calidad de vida e incrementando los costos para el cuidado de la salud (Barbalho *et al.*, 2012).

Uno de los principales problemas en la salud pública a nivel mundial es la diarrea. Estudios han demostrado que el consumo de frutas, vegetales y semillas previenen el riesgo a contraer muchas enfermedades debido a sus compuestos bioactivos. Muchas plantas han sido usadas para reducir los factores de riesgo asociados con la aparición de enfermedades como la diarrea (Barbalho *et al.*, 2012).

La guayaba (*Psidium guajava L.*) es una fruta originaria del trópico (entre México y Perú) (Husin, 2005). Los principales constituyentes de la guayaba son vitaminas (considerada la fruta con mayor contenido de vitamina C), taninos y aceites esenciales (Haida, 2011). Los compuestos antioxidantes de la pulpa de guayaba han sido relacionados con efectos anticancerígenos (Bontempo *et al.*, 2012). Estudios de consumo de guayaba durante 12 semanas redujo la presión sanguínea en un 8%, colesterol total en un 9%, triglicéridos en un 8%, y ha inducido un aumento en los niveles de lipoproteína de alta densidad (conocido por sus siglas en inglés como HDL) en un 8% (Singh *et al.*, 1993).

Por otra parte, los extractos de las hojas de guayaba tienen propiedades analgésicas, antiinflamatorias, antimicrobianas y actividad antioxidante; los compuestos que generan estas propiedades se encuentran en mayor proporción en las hojas de guayaba de pulpa blanca que en las de pulpa rosa (Ojewole, 2006). Muchos estudios han mostrado que el extracto acuoso de las hojas de guayaba ayuda a la antiglicación para lipoproteínas de baja densidad (conocido por sus siglas en inglés como LDL-c), sugiriendo su contribución para la prevención de enfermedades neurodegenerativas y cardiovasculares (Barbalho *et al.*, 2012). Otros estudios relacionan las hojas de guayaba con acciones antimicrobianas que son efectivas para el control de la diarrea debido al efecto que tiene sobre un alto número de microorganismos. Esta actividad microbiana se ha relacionado con la presencia de flavonoides en las hojas (Rattanachaiakunsopon y Phumkhachorn, 2010).

Las principales sustancias provenientes de la infusión de la hoja de guayaba son los taninos, pectina y aceites esenciales. Los taninos (encontrados en las hojas, raíces y frutos verdes) tienen propiedades antisépticas y astringentes, las cuales precipitan las enzimas y proteínas encontradas en las membranas mucosas y otros tejidos (en el tracto digestivo) formando una pequeña lámina de coagulación; esto ayuda a combatir enfermedades como la bronquitis, heridas, infecciones bucales, hemorroides y diarrea. Los aceites esenciales (encontrados en las hojas) tienen propiedades antisépticas y analgésicas. La pectina (encontrada en hojas y fruta) por su contenido de fibra, tiene la capacidad de ayudar a la absorción de nutrientes y al paso del alimento por el tracto digestivo; en pequeñas dosis pueden hacer decrecer la perístasis intestinal y generar un efecto antidiarreico (Husin, 2005).

En El Salvador se cuenta con una producción de guayaba de aproximadamente 90 hectáreas (MAG, 2012). Las plantas llegan a producir en promedio 2,040 lb/ ha, de las cuales 60% son vendidas a supermercados (Clase A = \$ 0.65/ lb), un 38% a mercados (Clase B = \$ 0.30/ lb) y un 2% es considerado descarte (Clase C). Los costos de producción de guayaba son de \$ 0.20/lb por lo que se obtienen ganancias de \$ 551.25/ ha en las ventas a supermercados, \$ 77.50/ ha en las ventas a mercados y pérdidas de \$ 8.00/ ha por fruta de descarte; obteniendo ganancias de \$ 620.75/ ha (CENTA, 2014).

La presente investigación utilizó un puré obtenido de guayaba calidad B y la infusión de la hoja seca de guayaba en agua en la optimización de un jugo funcional de guayaba. No existen productos comerciales de infusiones de la hoja de guayaba, por lo que el presente estudio planteó los siguientes objetivos:

- Elaborar un jugo funcional con la combinación de pulpa de guayaba, infusión de hoja de guayaba y emulsificante, y evaluar su efecto en sus propiedades físicas y antimicrobianas.
- Plantear un modelo matemático para obtener los valores de cada una de las variables de respuesta: Separación de fases, viscosidad, color, inhibición microbiana, acidez y °Brix.
- Determinar la combinación de pulpa de guayaba, infusión de hoja de guayaba y emulsificante que optimice las propiedades físicas y antimicrobianas del jugo funcional.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

**Localización del estudio.** El estudio se realizó en el Departamento de Agroindustria Alimentaria de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. La elaboración del puré de fruta e infusión de la hoja de guayaba así como los distintos tratamientos fueron realizados en la Planta Hortofrutícola; los análisis físicos de viscosidad, color, pH, °Brix y separación de fases se hicieron en el Laboratorio de Análisis de Alimentos (LAAZ) y los análisis microbiológicos en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos Zamorano (LMAZ); mientras el análisis sensorial se efectuó en las instalaciones del CEDA durante la Feria Panamericana 2015. La guayaba y sus hojas fueron importadas de la finca San Pedro ubicada en el departamento de Sonsonate en El Salvador.

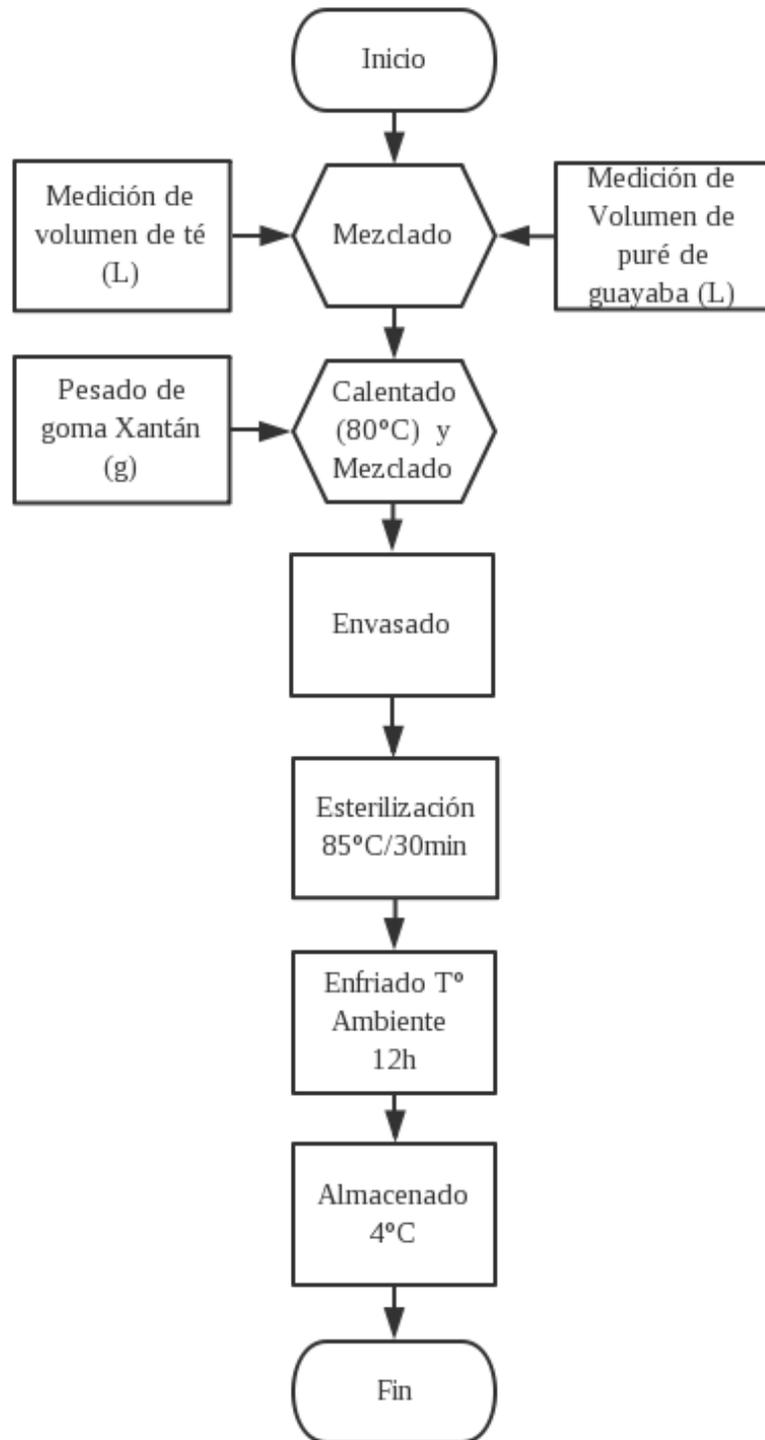
**Caracterización de la guayaba.** Se midió la textura de la guayaba mediante el texturómetro de Brookfield. Para dicho proceso se cortó la guayaba en cubos de dos centímetros dejando en uno de los lados el pericarpio de la fruta y evitando tener en la muestra parte del centro de la fruta. Se registró la temperatura y humedad relativa del espacio en que se realizaron los análisis.

**Extracción de la pulpa.** La fruta se lavó y luego cortó en ocho a doce pedazos y se introdujeron en una licuadora industrial para homogenizar la muestra. Una vez con la muestra homogenizada se hizo una extracción de la semilla mediante un despulpador de la planta de procesamiento Hortofrutícola de Zamorano. Una vez con la muestra homogenizada y sin semillas, se pesó para aplicación de preservante (0.05% de benzoato de sodio por kilogramo de producto) y luego se almacenó en bolsas para congelación dentro de una caja parafinada en cuarto de congelación. Se analizaron parámetros de viscosidad, color, pH y °Brix al puré obtenido en el LAAZ.

**Secado de las hojas.** Las hojas de guayaba se cosecharon en horas de la tarde para poder tener una menor cantidad de agua en ellas. Para su selección, se tomaron los restos de las podas y se utilizaron las que presentaban una mejor apariencia. Las hojas fueron lavadas y luego puestas a secar en temperatura y humedad ambientales hasta que se quebraban con facilidad (Biswas *et al.*, 2013).

**Infusión de las hojas.** Se pesó un 20% de volumen de hojas por 80% de agua anteriormente filtrada. Se calentó el agua en una marmita hasta una temperatura de  $85\pm 5$  °C, se introdujeron las hojas y se mantuvieron en infusión durante 15 min (temperatura ambiental de 27 °C), se dejó enfriar y coló (Husin, 2005).

**Elaboración de tratamientos.** Para la preparación de los tratamientos (Figura 1) se utilizó una probeta de 1000 ml de capacidad, el pesado de la cantidad de emulsificante fue realizado en una balanza OHAUS-ADVENTURE en el LAAZ.



**Figura 1.** Flujo de proceso para elaboración de tratamientos de jugo funcional de guayaba.

**Análisis de propiedades antimicrobianas.** En un plato de Agar Müller Hinton se sembraron los distintos patógenos (*Escherichia coli*, *Salmonella*, *Listeria monocytogenes* y *Staphylococcus aureus*) con una densidad de  $10^6$  UFC/ mL. Para obtener la concentración deseada se diluyó 1 mL un cultivo de 24 h a 37 °C en diluyente de peptona. El método de siembra fue por superficie utilizando un hisopo esterilizado humedecido en el cultivo de la bacteria, el que se frotó sobre toda la superficie del agar tres veces en distintas direcciones para asegurar crecimiento masivo del microorganismo (Biswas *et al.*, 2013).

Sobre la superficie seca del agar inoculado se perforaron tres pozos (técnica de vaciado en pozo) utilizando el revés de una pipeta Pasteur esterilizada de seis milímetros de diámetro. Dentro de cada uno de estos pozos se dispensó 0.1 mL de cada tratamiento, colocando tres tratamientos en cada plato Petri.

Los platos fueron incubados a 37 °C durante 24 h y se midió el diámetro en milímetros alrededor de cada pozo en el que no hubo crecimiento microbiano (Al-Bayati y Muthanna, 2009). Para la determinar la inhibición se midió el radio de inhibición correspondiente a cada pozo y se reportó (Barry *et al.*, 1979).

**Diseño experimental.** Para la evaluación del efecto combinado pulpa de guayaba y té de hoja de guayaba con emulsificante (Goma Xantán) sobre las propiedades físicas y antimicrobianas, se hizo un análisis de superficie respuesta con una probabilidad de significancia del 10%. Los parámetros del proceso fueron establecidos como variables independientes estudiadas en tres niveles codificados como -1,0, 1, y se calcularon de acuerdo a la ecuación 1:

$$x_i = \left( \frac{X_i Z}{\Delta x_i} \right) \quad [1]$$

Dónde:

$x_i$ :=Valor codificado de la variable  $x_i$

$X_i$ = el valor real de la variable

$Z$ = valor real de la variable en el punto central

$\Delta x_i$ = intervalo de la variable  $x_i$

Este modelo presentó dos niveles de variables axiales, codificadas como  $+\alpha$  y  $-\alpha$ . El valor de  $\alpha$  depende del número factorial ( $F= 2^k$ ) del diseño y del número de variables independientes ( $K=2$ ), en el caso de este experimento se definió según la ecuación 2:

$$\pm \alpha = (f)^{1/4} = (2^k)^{1/4} = (2^2)^{1/4} = 1.4142 \quad [2]$$

Para calcular el número de tratamientos se utilizó un diseño factorial completo con la ecuación 3:

$$n = 2^k + 2K + m \quad [3]$$

Dónde:

$2^k$  = número de puntos factoriales

$2K$  = número de puntos axiales

$m$  = número de repeticiones del punto central.

De esta manera, los tratamientos se distribuyeron de la siguiente manera:

$2^k = 2^2 = 4$  puntos factoriales

$2k = 2 \times 2 = 4$  puntos axiales

$m = \frac{4 \text{ replicados del punto central}}{12 \text{ unidades experimentales}}$

La amplitud en el rango de las variables se determinó con base en las pruebas preliminares, literatura consultada y experiencia del investigador.

Para el análisis de los resultados experimentales, el método describe el comportamiento de un sistema en el que se combinan las variables independientes ( $X_k$ ), la variable dependiente o la respuesta ( $Y_i$ ). La respuesta fue en función de los niveles en los que estos factores fueron combinados. Definida por Box y Draper (1967) con la ecuación 4:

$$Y_i = F(X_1, X_2, \dots, X_k) \quad [4]$$

Cada respuesta se ajustó a través de un análisis de regresión ajustada con un polinomio cuadrático como las variables ( $X_k$ ) para cada respuesta ( $Y$ ). El término general que se utiliza para predecir el comportamiento de cada respuesta se describe con la ecuación 5:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \varepsilon \quad [5]$$

Donde:

$Y_i$  = función respuesta;

$X_1, X_2$  = valores de las variables independientes;

$\beta_0$  = coeficiente relativo a la interpretación del plan con la respuesta en el eje;

$\beta_1, \beta_2$  = coeficientes lineales estimados por el mínimo cuadrado;

$\beta_{11}, \beta_{22}$  = coeficientes de variables cuadráticas;

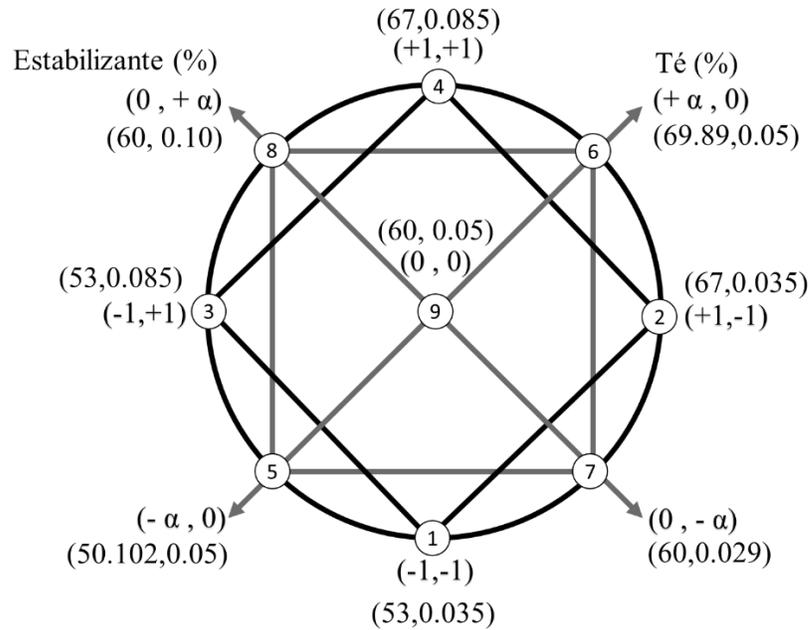
$\beta_{12}$  = coeficientes de interacción entre las variables independientes;

$\varepsilon$  = error experimental

En el cuadro 1 y figura 2 se muestra la distribución de los niveles codificados (-1, 0, +1), los valores axiales ( $-\alpha$  y  $+\alpha$ ) y el punto central para el modelo de superficie respuesta de dos variables.

**Cuadro 1.** Niveles codificados de las variables del experimento

Variables independientes	Niveles				
	$-\alpha$	- 1	0	+ 1	$+\alpha$
% Infusión	50.102	53.000	60.000	67.000	69.898
% Estabilizante	0.029	0.035	0.050	0.085	0.100



**Figura 2.** Representación gráfica de distribución de niveles codificados del experimento: 1– 4: puntos factoriales; 5 – 8: puntos axiales; 9: punto central.

Los niveles codificados y valores reales de los 12 tratamientos con los que se trabajó se muestran en el cuadro 2.

**Cuadro 2.** Colección completa del diseño experimental del jugo funcional de *Psidium guajava L.*

Tratamientos	Niveles codificados de las variables		Niveles decodificados de las variables	
	% Infusión	%Estabilizante	% Infusión	%Estabilizante
1	-1.000	-1.000	53.000	0.035
2	-1.000	1.000	53.000	0.085
3	1.000	-1.000	67.000	0.035
4	1.000	1.000	67.000	0.085
5	-1.414	0.000	50.102	0.050
6	1.414	0.000	69.898	0.050
7	0.000	-1.414	60.000	0.029
8	0.000	1.414	60.000	0.100
9 (C)	0.000	0.000	60.000	0.050
10 (C)	0.000	0.000	60.000	0.050
11 (C)	0.000	0.000	60.000	0.050
12 (C)	0.000	0.000	60.000	0.050

(C): Punto central del experimento, control

Se tuvieron como variables constantes la cantidad de hoja utilizada para la infusión (20% de hoja seca por el volumen total de agua), flujo de proceso para extracción del puré y proceso de deshidratación de la hoja.

El análisis de los datos para la obtención de los coeficientes de regresión y los valores reales para la elaboración de los gráficos de superficie respuesta se realizó mediante el programa Statistica 7.0 ® con propósito de realizar la optimización múltiple de las variables independientes a partir del supuesto de que existe una combinación predicha en la cual todas las variables respuesta alcanzan su punto óptimo, manipulando únicamente las variables independientes del estudio.

Esta función otorga un número entre cero y uno a los valores posibles en donde uno representa la respuesta deseable (lo que se desea optimizar) y cero la no deseable.

**Análisis estadístico.** Se realizó una separación de medias DUNCAN con un nivel de probabilidad del 5%, utilizando el programa SAS® para el análisis de las variables.

**Evaluaciones físicas del jugo funcional de guayaba.** Después de realizada la esterilización, se realizaron los siguientes análisis:

**Evaluación de color.** Realizada por medio de un colorímetro Hunter L a b Modelo 45/0 en la escala CIELAB mediante el método AN 1018.00. Cada tratamiento fue evaluado por triplicado, homogenizando la muestra previo a su evaluación y colocando el producto en el lector (Thongsobat *et al.*, 2007). Los resultados se presentaron como la media de nueve mediciones de la escala de triple estímulo (L a b) L (0 negro y 100 blanco), a (-60 a 0 verde y de 0 a +60 rojo), b (-60 a 0 azul y 0 a +60 amarillo).

La escala L a b fue transformada a valores  $\Delta E$  (diferencial total de color) mediante la ecuación 6:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \quad [6]$$

**Análisis de viscosidad.** Las distintas formulaciones fueron evaluadas mediante un viscosímetro de Brookfield basándose en la ISO 1652-2004. La viscosidad fue medida mediante el acople LV2 a una velocidad de 25 rpm (Brookfield, s.f.). Se tomaron datos por triplicado durante dos minutos (cada repetición) reportando resultados cada 30 s, se obtuvo un promedio de los cuatro datos obtenidos en cada repetición y se reportó (Yen y Lin, 1998).

**Medición de sólidos solubles totales (°Brix).** Se utilizó un refractómetro por el método AOAC 983.17. Se midió por triplicado reportando los resultados para su posterior análisis.

**Medición de acidez (pH).** Se evaluaron las muestras por medio de un potenciómetro mediante el método AOAC 981.12. Se midió por triplicado reportando los resultados para su posterior análisis.

**Medición de separación de fases.** Se midió una vez por tratamiento, midiendo con una regla el nivel al que se observaba una separación de los componentes del jugo y dividiéndolos entre el volumen total del recipiente que los contenía. Luego se reportaron los datos (en porcentaje) para su posterior análisis.

**Evaluaciones microbiológicas.** Una vez con los resultados obtenidos de la optimización se creó el producto y se aplicó tratamiento térmico (esterilización comercial). Se hicieron análisis microbiológicos de número más probable (NMP) para detección de *E. coli* en el jugo y así se verificó el cumplimiento de las regulaciones del reglamento técnico centroamericano (RTC, 2009).

Se midieron por triplicado 10 mL de jugo y se mezclaron con 90 mL de buffer de fosfatos por medio de un homogenizador (Stomacher) para muestras (dos minutos por repetición). Cada dilución  $10^{-1}$  obtenida fue diluida nuevamente en tubos de ensayo (con 9 mL de buffer de fosfatos) para generar diluciones de  $10^{-2}$  y  $10^{-3}$  de la muestra. Cada una de estas diluciones fue mezclada mediante un mezclador vórtice (Vortex) durante siete segundos.

Una vez con las diluciones listas, se transfirió 1 mL de cada dilución a tres tubos con 10 mL de caldo lauryl triptona (CLT) obteniendo nueve tubos por cada muestra distribuidos en las tres diluciones. Se prosiguió a incubar los medios durante 48 horas y se leyeron los resultados para luego ser comparados con una tabla para interpretación de resultados de NMP (Feng *et al.*, 2002).

**Análisis sensorial.** Primeramente se hizo un análisis preliminar de preferencia a 15 personas con el producto optimizado con (220 mg de Stevia en 1 L de jugo) y sin edulcorante. Luego se realizó un análisis sensorial de aceptación a una población de 120 personas para el producto preferido en el análisis preliminar donde se evaluaron los parámetros de color, olor, viscosidad, dulzura, consistencia y aceptación general (Ávila y González, 2011).

**Análisis de costos variables.** Se realizó un análisis de costos variables considerando la materia prima utilizada para la producción del producto optimizado.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Valoración general.** Los 12 experimentos fueron conducidos de forma similar con los mismos factores ambientales y aditivos, pulpa e infusión de té de guayaba, bajo las condiciones descritas en la metodología.

**Análisis de inhibición a microorganismos.** El estudio realizado mostro resultados negativos en la inhibición de las cepas de *E. coli*, *Salmonella*, *L. monocytogenes* y *S. aureus*, confirmando los resultados obtenidos por Biswas *et al.* (2013) y contradiciendo el estudio realizado por Pandey (2012) en el que se mostraba inhibición hacia las cepas de bacterias Gram positivas (*E. coli* y *L. monocytogenes*) mediante la infusión de las hojas en agua.

**Análisis de viscosidad.** Los valores más altos de viscosidad (Pa×s) fueron reportados por los tratamientos uno, dos y cinco los cuales estuvieron formados por una relación té:puré cercana a un 50:50, mientras el tratamiento con una menor viscosidad es el reportado por la relación 70:30 de la variable antes mencionada (Cuadro 3).

Los valores de viscosidad entre los tratamientos 9-12 (punto central del experimento) mostraron resultados muy cercanos estadísticamente ya que solamente el tratamiento nueve mostró diferencia estadística con los tratamientos 10 y 12 mientras el tratamiento 11 no mostró diferencias estadísticas entre los tratamientos mencionados.

El  $R^2$  de la variable de viscosidad del jugo demuestra que un 96% de los datos fueron predichos por el modelo y solo un 4% de los mismos no pudieron ser explicados mediante el análisis (Cuadro 4). Esto permite la predicción de las respuestas dentro del rango de datos o región experimental delimitada dentro del estudio.

**Cuadro 3.** Resultados de análisis físicos en los tratamientos de jugo funcional de *Psidium guajava L.*

Tratamientos	Niveles codificados (Niveles decodificados) de las variables		Viscosidad (Pas×s) ± DEΦ	Sólidos Totales °Brix (%) ± DEΦ	Color (ΔE) ± DEΦ	Acidez (pH) ± DEΦ
	% Té	%Estabilizante				
1	-1.000 ( 53.000 )	-1.000 ( 0.035 )	0.579 ± 0.017 a	3.17 ± 0.002 c	64.95 ± 0.077 a	3.87 ± 0.058 bcd
2	-1.000 ( 53.000 )	1.000 ( 0.085 )	0.462 ± 0.026 b	3.40 ± 0.001 bc	63.97 ± 0.225 ab	3.80 ± 0.000 de
3	1.000 ( 67.000 )	-1.000 ( 0.035 )	0.081 ± 0.000 gh	2.20 ± 0.002 ef	59.53 ± 0.124 ab	3.80 ± 0.000 de
4	1.000 ( 67.000 )	1.000 ( 0.085 )	0.123 ± 0.000 fg	2.70 ± 0.001 d	58.23 ± 0.055 ab	3.77 ± 0.058 e
5	-1.414 ( 50.102 )	0.000 ( 0.050 )	0.584 ± 0.087 a	2.30 ± 0.002 ef	65.06 ± 0.233 ab	3.77 ± 0.058 e
6	1.414 ( 69.898 )	0.000 ( 0.050 )	0.052 ± 0.000 h	2.43 ± 0.001 e	54.99 ± 0.169 ab	3.80 ± 0.000 de
7	0.000 ( 60.000 )	-1.414 ( 0.029 )	0.155 ± 0.006 ef	3.77 ± 0.001 a	61.20 ± 0.152 ab	4.10 ± 0.000 a
8	0.000 ( 60.000 )	1.414 ( 0.100 )	0.231 ± 0.010 cd	3.47 ± 0.002 b	60.83 ± 0.037 ab	3.93 ± 0.058 b
9 (C)	0.000 ( 60.000 )	0.000 ( 0.050 )	0.268 ± 0.000 c	2.80 ± 0.003 d	61.92 ± 0.082 ab	3.90 ± 0.000 bc
10 (C)	0.000 ( 60.000 )	0.000 ( 0.050 )	0.203 ± 0.000 d	3.80 ± 0.000 a	60.77 ± 0.109 b	3.83 ± 0.058 cde
11 (C)	0.000 ( 60.000 )	0.000 ( 0.050 )	0.228 ± 0.006 cd	2.10 ± 0.000 f	60.84 ± 0.058 b	3.80 ± 0.000 de
12 (C)	0.000 ( 60.000 )	0.000 ( 0.050 )	0.175 ± 0.006 de	2.07 ± 0.001 f	60.12 ± 0.152 b	3.83 ± 0.058 cde

(C): Punto central del experimento, control

DEΦ: Desviación estándar

**Cuadro 4.** Coeficientes de regresión, probabilidades (P) de un modelo de regresión polinomial, valores F y R<sup>2</sup> para viscosidad (Pa×s) en función de % relación té: puré (X<sub>1</sub>) y % de emulsificante (X<sub>2</sub>) en las formulaciones del jugo funcional de *Psidium guajava L.*

<b>Factor</b>	<b>Coefficiente de regresión</b>	<b>P</b>
Intercepto	2.19E-01	1.55E-03 $\phi$
X <sub>1</sub>	-1.99E-01	7.37E-04 $\phi$
X <sub>1</sub> <sup>2</sup>	6.36E-02	2.62E-02 $\phi$
X <sub>2</sub>	4.17E-03	7.83E-01
X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	1.35E-03	9.36E-01
X <sub>1</sub> *X <sub>2</sub>	3.95E-02	1.37E-01
Falta de ajuste	-	2.44E+00
R <sup>2</sup>	0.957	
F. Calculado	66.522	
F. Tabular	3.010	

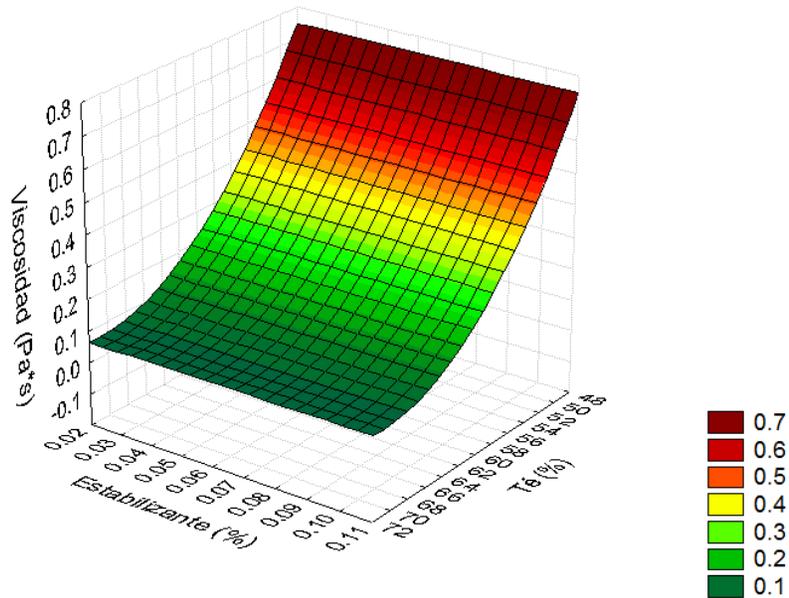
X<sub>1</sub>=Té (%); X<sub>2</sub>=Estabilizante (%)

$\phi$  = Significante

La falta de ajuste no fue significativa por lo que el modelo se ajusta para ser de carácter predictivo (Thompson, 1982). La expresión matemática que representa la viscosidad (Pa×s) incluyó las variables independientes significativas (Cuadro 4) en la predicción de comportamientos de la variable dependiente estudiada, expresándose mediante la ecuación 7:

$$Viscosidad = 0.218513 - 0.198642 X_1 - 0.063621 X_1^2 \quad [7]$$

Se realizó una prueba F con 10% de significancia obteniendo un valor F calculado mayor al valor F tabular lo cual da validez para graficar. En base al modelo (Ecuación 7) se creó un gráfico de superficie respuesta (Figura 3), donde se muestra un cambio en la viscosidad sobre el aumento o disminución del té en la relación té:puré.



**Figura 3.** Efecto del porcentaje de té y porcentaje de estabilizante sobre la viscosidad (Pa\*s) en un jugo funcional de guayaba.

No se presenta un cambio en la viscosidad de los tratamientos relacionado a los distintos porcentajes de goma Xantán. Christianson *et al.* (1981) reportó un comportamiento en donde no se muestra una diferencia significativa en la viscosidad de geles provenientes de almidones de maíz con concentraciones bajas (0.03, 0.05 y 0.15%) de goma Xantán. Giner *et al.* (1996) sustentan que el efecto del incremento en la cantidad de sólidos en un jugo resulta en un aumento de su viscosidad, siendo estos resultados similares al estudio pues al reducir la cantidad de té (y por tanto aumentar la cantidad de puré) aumentan los sólidos en los tratamientos, resultando en un aumento de su viscosidad (Figura 3).

**Análisis de sólidos solubles totales.** Los °Brix miden la cantidad de sólidos solubles presentes en un jugo o pulpa expresados en porcentaje de sacarosa. Los sólidos solubles están compuestos por los azúcares, ácidos, sales y demás compuestos solubles en agua presentes en los jugos de las células en las frutas (Universidad Nacional de Colombia, 2006).

Los valores más altos de sólidos solubles fueron reportados por los tratamientos uno, dos, diez, once y trece los cuales estuvieron formados por una relación té:puré desde un 50:50 hasta un 60:40, mientras los tratamientos con una menor cantidad de sólidos totales fueron reportados por las relaciones 50:50, 70:30 y 60:40 de la variable antes mencionada (Cuadro 3).

Los valores de sólidos solubles entre los tratamientos 9-12 (punto central del experimento) mostraron resultados muy cercanos estadísticamente entre los tratamientos 11 y 12 mientras los tratamientos 9 y 10 mostraron diferencias estadísticas entre ellos y con los tratamientos 11 y 12.

El  $R^2$  de la variable de sólidos solubles totales del jugo demuestra que un 44% de los datos fueron predichos por el modelo y un 56% de los mismos no pudieron ser explicados mediante el análisis (Cuadro 5). Esto no permite la predicción de las respuestas dentro del rango de datos o región experimental delimitada dentro del estudio debido a su bajo porcentaje de predicción.

**Cuadro 5.** Coeficientes de regresión, probabilidades (P) de un modelo de regresión polinomial y  $R^2$  para sólidos solubles totales ( $^{\circ}$ Brix) en función de % relación té: puré ( $X_1$ ) y % de emulsificante ( $X_2$ ) en las formulaciones del jugo funcional de *Psidium guajava L.*

Factor	Coefficiente de regresión	P
Intercepto	2.69E+00	7.01E-03 $\square$
$X_1$	-1.85E-01	5.66E-01 $\square$
$X_1^2$	-1.94E-01	5.89E-01 $\square$
$X_2$	3.86E-02	9.02E-01 $\square$
$X_2^2$	4.31E-01	2.72E-01 $\square$
$X_1 * X_2$	6.67E-02	8.80E-01 $\square$
Falta de ajuste	-	8.14E-01
$R^2$	0.43578	

$X_1$ =Té (%);  $X_2$ =Estabilizante (%)

$\square$  = No significativa

No existió significancia en ninguno de los factores estudiados por lo que la variable no pudo generar una ecuación para ser ingresada como parte de la solución óptima en la función de utilidad del estudio (Thompson, 1982).

No se encontró relación entre las variables independientes con los sólidos solubles, pero Shamsudin *et al.* (2005) indicó que el contenido de sólidos solubles en un jugo de guayaba hace variar la viscosidad del mismo (aumentos de un 50% a un 100% de valores de viscosidad por cada 5  $^{\circ}$ Brix), y aunque no se mostró un efecto directo de las cantidades de sólidos solubles en las variables independientes, estos pudieron generar variación en las demás variables dependientes del estudio.

**Análisis de color.** Los alimentos naturales tienen su propio color, pero circunstancias como la variabilidad en las materias primas utilizadas en la elaboración de algunos productos provocan que el color sea distinto en cada lote de distribución (Rodríguez, 2009).

Los valores de color ( $\Delta E$ ) no mostraron diferencias estadísticas significativas tan marcadas entre los doce tratamientos. Los valores de  $\Delta E$  entre los tratamientos 9-12 (punto central del experimento) mostraron resultados estadísticamente iguales con todos los tratamientos a excepción del tratamiento uno, el cual muestra diferencias estadísticas significativas con los tratamientos diez, once y doce (Cuadro 3).

A pesar de no encontrar diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, el  $R^2$  de la variable de color del jugo demuestra que un 93% de los datos fueron predichos por el modelo y solo un 7% de los mismos no pudieron ser explicados mediante el análisis (Cuadro 6). Esto permite la predicción de las respuestas dentro del rango de datos o región experimental delimitada dentro del estudio.

**Cuadro 6.** Coeficientes de regresión, probabilidades (P) de un modelo de regresión polinomial, valores F y  $R^2$  para color ( $\Delta E$ ) en función de % relación té: puré ( $X_1$ ) y % de emulsificante ( $X_2$ ) en las formulaciones del jugo funcional de *Psidium guajava L.*

<b>Factor</b>	<b>Coefficiente de regresión</b>	<b>P</b>
Intercepto	6.09E+01	1.00E-06 $\omega$
$X_1$	-3.17E+00	1.23E-03 $\omega$
$X_1^2$	-1.55E-01	6.36E-01
$X_2$	-3.52E-01	2.74E-01
$X_2^2$	3.40E-01	3.32E-01
$X_1 * X_2$	-8.08E-02	8.42E-01
Falta de ajuste	-	2.33E-01
$R^2$	0.934	
F. Calculado	101.024	
F. Tabular	3.290	

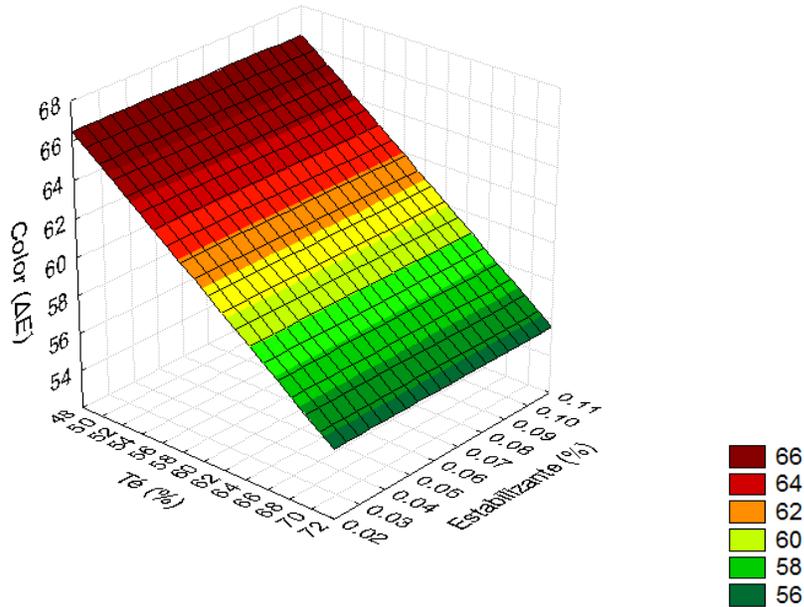
$X_1$ =Té (%);  $X_2$ =Estabilizante (%)

$\omega$  = Significante

La falta de ajuste no fue significativa por lo que el modelo se ajusta para ser de carácter predictivo (Thompson, 1982). La expresión matemática que representa el color ( $\Delta E$ ) incluyó las variables independientes significativas en la predicción de comportamientos de la variable dependiente estudiada, expresándose mediante la ecuación 8:

$$\Delta E = 60.90995 - 3.17492 X_1 \quad [8]$$

Se realizó una prueba F con 10% de significancia obteniendo un valor F calculado mayor al valor F tabular lo cual da validez para graficar. En base al modelo (Ecuación 8) se creó un gráfico de superficie respuesta (Figura 4), donde se muestra un cambio en el color sobre el aumento o disminución del té en la relación té:puré.



**Figura 4.** Efecto del porcentaje de té y porcentaje de estabilizante sobre el color ( $\Delta E$ ) en un jugo funcional de guayaba.

No se presenta un cambio en el color de las distintas formulaciones relacionado a los distintos porcentajes de goma Xantán. Baudi (2006) menciona que la goma Xantán produce soluciones translúcidas aún a altas concentraciones, es decir que no afecta el color de la solución. Mascan (2006) sustenta que el efecto al variar la cantidad de fruta en un jugo natural resulta en el cambio lineal del color en el jugo. Estos resultados respaldan el estudio ya que al aumentar la cantidad de té se tiene una disminución lineal del  $\Delta E$  correspondiente (Figura 4).

**Análisis de acidez.** El valor más alto de acidez (pH) fue reportado por el tratamiento siete mostrando una relación té:puré de 60:40 y un 0.029% de estabilizante, mientras los tratamientos que cuentan con un menor pH contienen valores mayores a un 0.05% de estabilizante.

Los valores de pH entre los tratamientos 9-12 (punto central del experimento) mostraron resultados muy cercanos estadísticamente ya que solamente el tratamiento nueve mostró diferencia estadística con el tratamiento 11 mientras los tratamientos 10 y 12 no mostraron diferencias estadísticas con ningún tratamiento del punto central del experimento (Cuadro 3).

El  $R^2$  de la variable de acidez del jugo demuestra que un 72% de los datos fueron predichos por el modelo y solo un 26% de los mismos no pudieron ser explicados mediante el análisis (Cuadro 7). Esto permite la predicción de las respuestas dentro del rango de datos o región experimental delimitada dentro del estudio.

**Cuadro 7.** Coeficientes de regresión, probabilidades (P) de un modelo de regresión polinomial, valores F y R<sup>2</sup> para acidez (pH) en función de % relación té: puré (X<sub>1</sub>) y % de emulsificante (X<sub>2</sub>) en las formulaciones del jugo funcional de *Psidium guajava L.*

<b>Factor</b>	<b>Coefficiente de regresión</b>	<b>P</b>
Intercepto	3.84E+00	0.00E+00 $\omega$
X <sub>1</sub>	-6.61E-03	6.86E-01
X <sub>1</sub> <sup>2</sup>	-5.21E-02	5.16E-02 $\omega$
X <sub>2</sub>	-4.20E-02	6.62E-02 $\omega$
X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	6.46E-02	3.00E-02 $\omega$
X <sub>1</sub> *X <sub>2</sub>	8.33E-03	7.18E-01
Falta de ajuste		1.37E-01
R <sup>2</sup>	0.720	
F. Calculado	4.025	
F. Tabular	2.920	

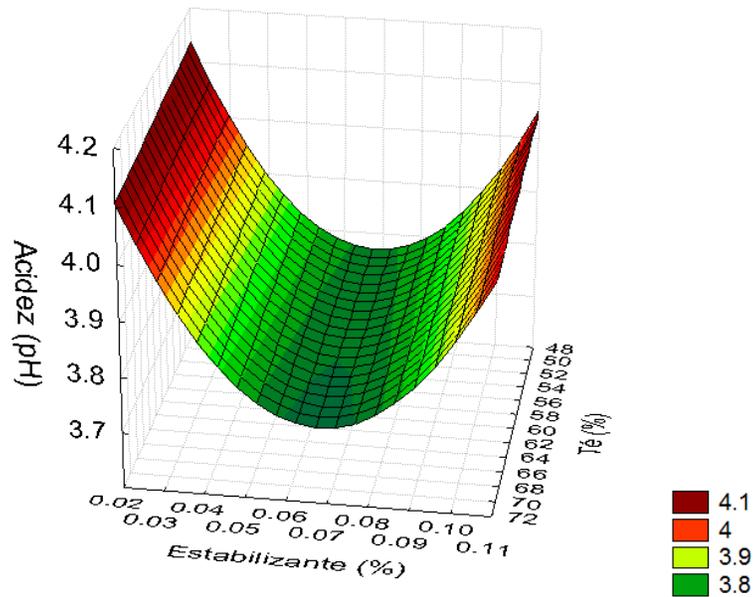
X<sub>1</sub>=Té (%); X<sub>2</sub>=Estabilizante (%)

$\omega$  = Significante

La falta de ajuste no fue significativa por lo que el modelo se ajusta para ser de carácter predictivo (Thompson, 1982). La expresión matemática que representa la acidez (pH) incluyó las variables independientes significativas en la predicción de comportamientos de la variable dependiente estudiada, expresándose mediante la ecuación 9:

$$Acidez = 3.841667 - 0.052083 X_1^2 - 0.041963 X_2 + 0.064583 X_2^2 \quad [9]$$

Se realizó una prueba F con 10% de significancia obteniendo un valor F calculado mayor al valor F tabular lo cual da validez para graficar. En base al modelo (Ecuación 9) se creó un gráfico de superficie respuesta (Figura 5), donde se muestra un cambio en la acidez sobre el aumento o disminución del té en la relación té:puré.

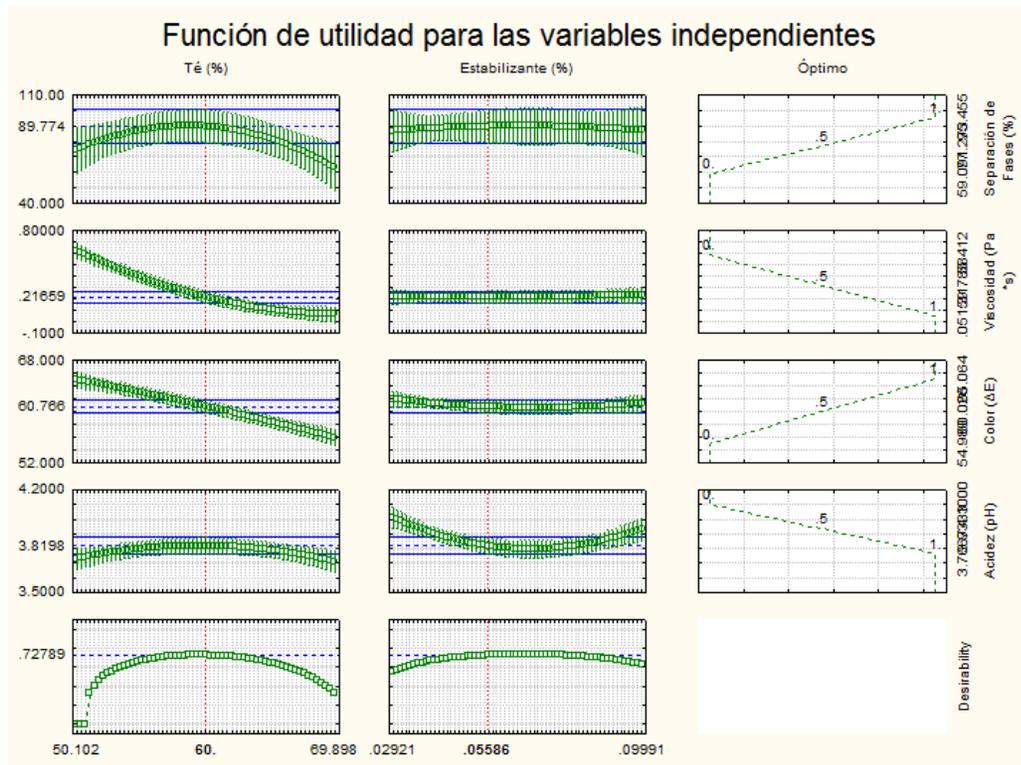


**Figura 5.** Efecto del porcentaje de té y porcentaje de estabilizante sobre la acidez (pH) en un jugo funcional de guayaba.

Existe una relación entre la cantidad de estabilizante y la relación té:puré con las respuestas de comportamiento en la variable acidez del jugo. Mendonça *et al.* (2013) reportaron un comportamiento en donde el pH de un licor se ve afectado al modificar las cantidades hidrocoloides como la goma Xantán, sustentando que variaciones de 0.03% en la utilización de estas gomas puede disminuir o aumentar el pH de un licor en dos unidades. Yusof (2003) y Cheng *et al.* (2007) mencionan que el pH de la guayaba varía en el rango de 3.2-4.1 el cual entra dentro del rango encontrado en el estudio realizado (Figura 5) y da validez a los datos de acidez obtenidos.

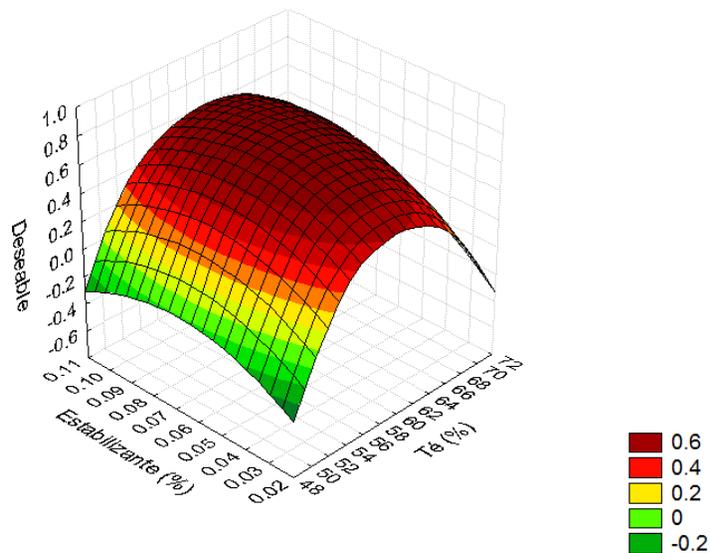
**Función de utilidad.** Se muestran los valores óptimos de las variables independientes sobre las diferentes respuestas. Esto bajo las restricciones de una maximización en los parámetros de separación de fases (%) y color ( $\Delta E$ ), y una minimización de las variables viscosidad (Pa\*s) y acidez (pH).

Los valores óptimos reportados para las variables independientes son: 60% relación té: puré de guayaba y 0.05586% de goma Xantán (Figura 6). Obteniendo así las variables respuesta más altas o bajas de acuerdo a lo registrado. Cabe destacar que los valores encontrados en esta función de utilidad son relativamente cercanos a los establecidos al inicio del estudio como punto central para ambas variables.



**Figura 6.** Valores óptimos de las variables independientes sobre las propiedades físicas de un jugo funcional de guayaba.

Se muestra el rango en el que se cumple o no con las restricciones planteadas, siendo la coloración roja oscura la que cumple con los parámetros planteados (Figura 7).



**Figura 7.** Efecto del porcentaje de té y porcentaje de estabilizante sobre las características deseables en un jugo funcional de guayaba.

**Análisis de separación de fases.** Se reportan los resultados a partir de los cuales se obtuvo la regresión matemática para la variable de separación de fases (Cuadro 8).

**Cuadro 8.** Resultados de análisis de separación de fases en los tratamientos de jugo funcional de *Psidium guajava L.*

Tratamientos	Niveles codificados (Niveles decodificados) de las variables		Separación de fases (%)
	% Té	%Estabilizante	
1	-1.000 ( 53.000 )	-1.000 ( 0.035 )	90.91
2	-1.000 ( 53.000 )	1.000 ( 0.085 )	77.27
3	1.000 ( 67.000 )	-1.000 ( 0.035 )	68.18
4	1.000 ( 67.000 )	1.000 ( 0.085 )	86.36
5	-1.414 ( 50.102 )	0.000 ( 0.050 )	72.73
6	1.414 ( 69.898 )	0.000 ( 0.050 )	59.09
7	0.000 ( 60.000 )	-1.414 ( 0.029 )	86.36
8	0.000 ( 60.000 )	1.414 ( 0.100 )	83.64
9 (C)	0.000 ( 60.000 )	0.000 ( 0.050 )	95.45
10 (C)	0.000 ( 60.000 )	0.000 ( 0.050 )	90.91
11 (C)	0.000 ( 60.000 )	0.000 ( 0.050 )	77.27
12 (C)	0.000 ( 60.000 )	0.000 ( 0.050 )	92.73

(C): Punto central del experimento, control

Los valores más altos de separación de fases (%) fueron reportados por los tratamientos 1,9 10 y 12 de los cuales los últimos tres estuvieron formados por una relación té:puré de 60:40, mientras el tratamiento con una menor separación de fases es el reportado por la relación 70:30 de la variable antes mencionada (Cuadro 8).

Los valores de separación de fases entre los tratamientos 9-12 (punto central del experimento) mostraron resultados muy cercanos aritméticamente ya que solamente el tratamiento 11 mostró una diferencia mayor a un 5% con los otros tres tratamientos.

El  $R^2$  de la variable de separación de fases del jugo demuestra que un 80% de los datos fueron predichos por el modelo y solo un 20% de los mismos no pudieron ser explicados mediante el análisis (cuadro 9). Esto permite la predicción de las respuestas dentro del rango de datos o región experimental delimitada dentro del estudio.

**Cuadro 9.** Coeficientes de regresión, probabilidades (P) de un modelo de regresión polinomial, valores F y R<sup>2</sup> para separación de fases (%) en función de % relación té: puré (X<sub>1</sub>) y % de emulsificante (X<sub>2</sub>) en las formulaciones del jugo funcional de *Psidium guajava* L.

<b>Factor</b>	<b>Coefficiente de regresión</b>	<b>P</b>
Intercepto	8.91E+01	2.05E-04 $\omega$
X <sub>1</sub>	-4.12E+00	2.46E-01
X <sub>1</sub> <sup>2</sup>	-1.03E+01	4.88E-02 $\omega$
X <sub>2</sub>	8.61E-02	9.78E-01
X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	-7.39E-01	8.32E-01
X <sub>1</sub> *X <sub>2</sub>	7.95E+00	1.44E-01
Falta de ajuste		7.99E-01
R <sup>2</sup>	0.803	
F. Calculado	15.093	
F. Tabular	3.290	

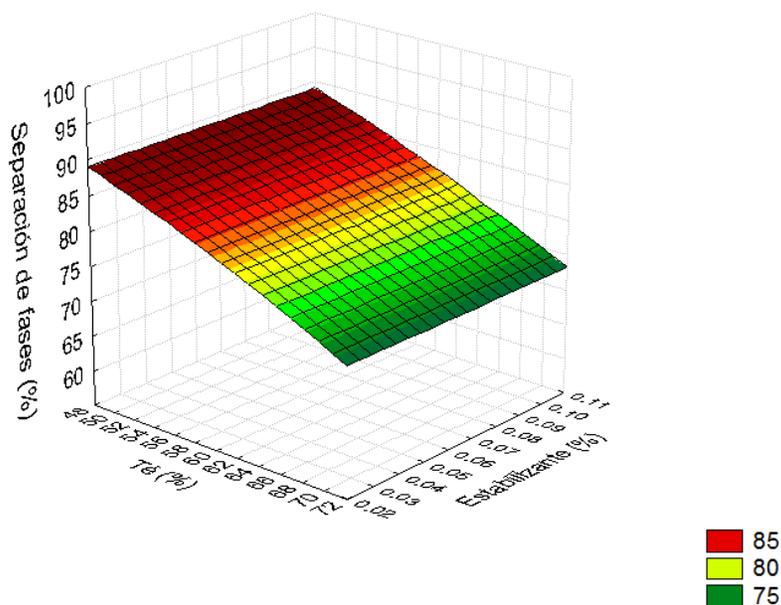
X<sub>1</sub>=Té (%); X<sub>2</sub>=Estabilizante (%)

$\omega$  = Significante

La falta de ajuste no fue significativa por lo que el modelo se ajusta para ser de carácter predictivo (Thompson, 1982). La expresión matemática que representa la separación de fases (%) incluyó las variables independientes significativas en la predicción de comportamientos de la variable dependiente estudiada, expresándose mediante la ecuación 10:

$$\text{Separación de fases} = 89.0909 - 10.2841 X_1^2 \quad [10]$$

Se realizó una prueba F con 10% de significancia obteniendo un valor F calculado mayor al valor F tabular lo cual da validez para graficar. En base al modelo (Ecuación 10) se creó un gráfico de superficie respuesta (Figura 8), donde se muestra un cambio en la separación de fases sobre el aumento o disminución del té en la relación té:puré.



**Figura 8.** Efecto del porcentaje de té y porcentaje de estabilizante sobre el porcentaje de la separación de fases en un jugo funcional de guayaba.

No se presentó un cambio en la separación de fases en las distintas formulaciones relacionado a los distintos porcentajes de goma Xantán. De Mello (2009) reportó un comportamiento en donde la separación de fases mostró una demora de dos semanas previo a su sedimentación (Bajo altas concentraciones de goma Xantán). Reiter *et al.* (2003) sustenta que el efecto del incremento en la cantidad de fruta en un jugo resulta en un descenso en la sedimentación de los jugos. En el estudio cuando la cantidad de té es reducida aumentan la separación de fases en los tratamientos (Figura 8).

**Análisis microbiológicos.** Se realizó un análisis microbiológico para la identificación de *Escherichia coli* por medio de la técnica de número más probable (NMP). Se obtuvieron resultados de <3NMP/ml en las tres repeticiones realizadas por lo que se cumplió el límite máximo permitido dictado por el reglamento técnico centroamericano para jugos y néctares (<3 NMP/ mL) (RTC, 2009).

**Análisis sensorial preliminar.** Se hizo un análisis preliminar de preferencia a 15 panelistas no entrenados para determinar la preferencia hacia el producto con o sin edulcorante. Las respuestas obtenidas seleccionaron por unanimidad el producto con edulcorante dando comentarios sobre la falta de dulzura en la otra muestra.

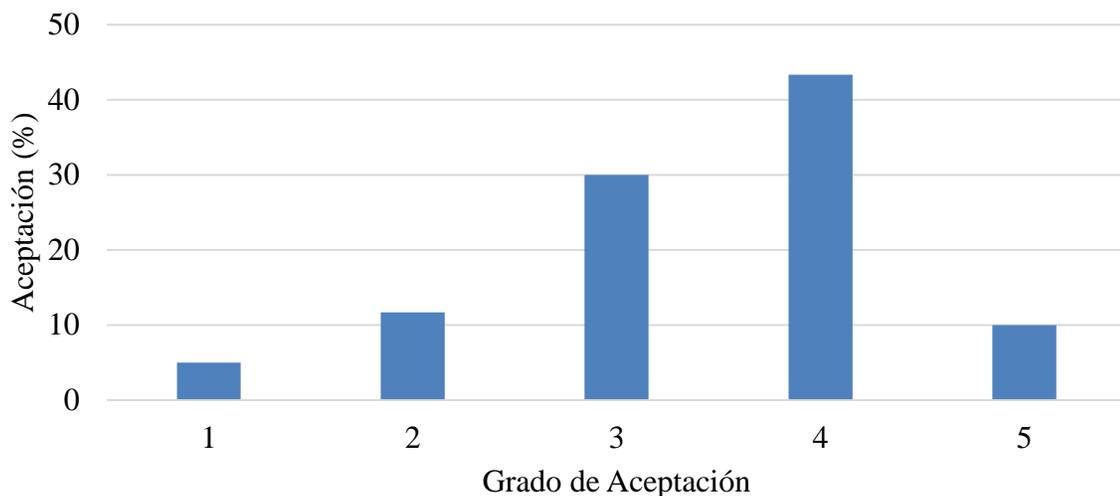
**Análisis sensorial.** Debido a la preferencia de los panelistas en el análisis preliminar hacia el producto con edulcorante se prosiguió a la realización de un análisis sensorial de aceptación a 120 panelistas no entrenados. Se evaluaron los parámetros de color, olor, viscosidad, dulzura, consistencia y aceptación general en una escala de cinco puntos (Figura 9). Los resultados obtenidos del análisis se muestran en las figuras 10-15.



**Figura 9.** Rango de prueba hedónica de cinco puntos de análisis sensorial de aceptación.

**Color.** Diversos estudios han demostrado que la aceptación de un producto por parte del consumidor depende principalmente de su apariencia y color. Expertos en distintas áreas de la psicología y demás áreas científicas del conocimiento han sugerido que el color puede llegar a modificar el estado de ánimo, las decisiones de compra y las sensaciones de sabor y olor en los alimentos (Rodríguez, 2009).

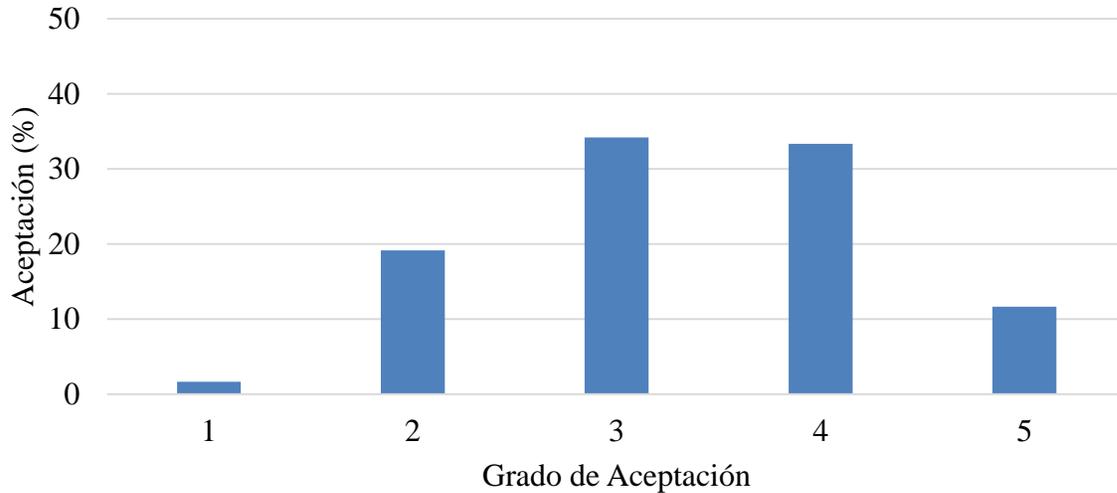
El color es la primera sensación que se percibe al momento de todo análisis o decisión, en el presente estudio un 53% de los panelistas mostraron una inclinación hacia el gusto del color del jugo y un 30% se mostró indiferente hacia el mismo (Figura 10).



**Figura 10.** Resultados de análisis sensorial por aceptación en el atributo de color.

**Olor.** El sentido del olfato está relacionado directamente con la percepción del sabor de los alimentos, razón por la cual es considerado el único sentido que confunde las percepciones de otro sentido (sentido del gusto). Según Rozin (1982) el olor es el detonante para la aceptación o rechazo de un alimento.

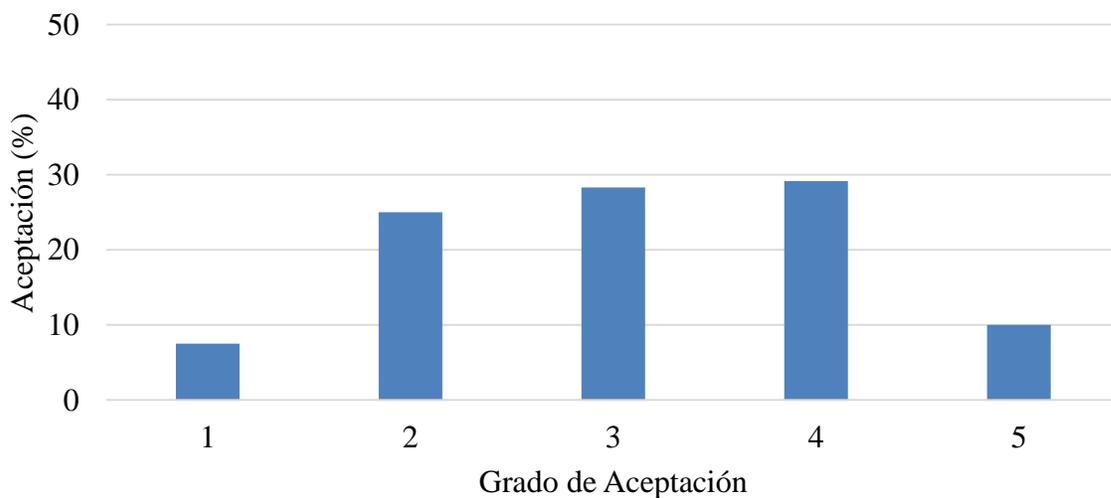
Si nuestro sentido del olfato siente agrado al momento de percibir un olor, el gusto tiende a detectar un sabor agradable a nuestro paladar. En la evaluación realizada, el 21% de los panelistas rechazó el olor del jugo de guayaba, sin embargo la curva mostró una tendencia hacia el gusto del olor, un 45% de los panelistas mostraron una aceptación y gusto por el olor del producto (Figura 11).



**Figura 11.** Resultados de análisis sensorial por aceptación en el atributo de olor.

**Viscosidad.** La viscosidad de jugos provenientes de frutas varía de acuerdo al contenido de sólidos suspendidos en los mismos. Según Hernández *et al.* (1995) esto acarrea un efecto en la evaluación sensorial ya que los gustos en estos parámetros son variables en cada persona y por ende, es difícil una aceptación marcada hacia estos parámetros.

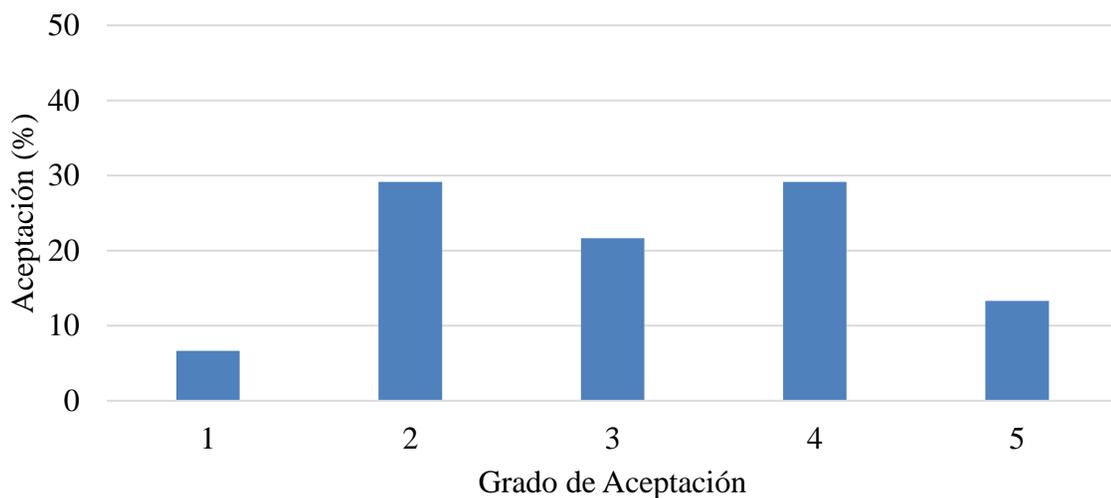
En la evaluación realizada, el 33% de los panelistas rechazó la viscosidad del jugo de guayaba, sin embargo la curva mostró cierta tendencia a la aceptación de la viscosidad, un 39% de los panelistas mostraron una aceptación positiva del parámetro y un 28% mostró indiferencia hacia la aceptación de la viscosidad del jugo (Figura 12).



**Figura 12.** Resultados de análisis sensorial por aceptación en el atributo de viscosidad.

**Dulzura.** Debido a la preferencia hacia el consumo de alimentos con sabores dulces Rivera et al. (2008) expone que las bebidas con edulcorantes alternativos como la Stevia se relacionan con una disminución de peso cuando se toman en cantidades similares a las bebidas con edulcorantes calóricos las cuales se han vinculado con un aumento en la presión arterial y el peso de las personas.

La evaluación realizada mostró una tendencia de los panelistas hacia los extremos en cuanto al atributo de dulzura, el 36% de los panelistas rechazó el atributo, mientras un 43% acepto la dulzura del mismo. De ese 36%, solamente un 7% muestra un desagrado extremo hacia la dulzura, mientras que del 43% de inclinación hacia la aceptación positiva del jugo un 14% muestra una aceptación extrema de la dulzura. Solamente un 22% de los panelistas mostraron indiferencia hacia el nivel de dulzura presente en el jugo (Figura 13).



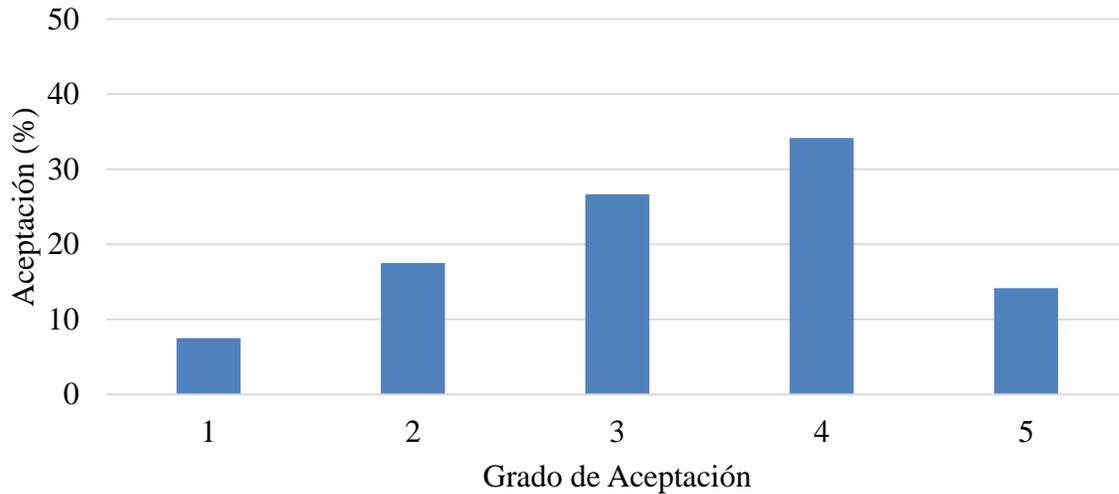
**Figura 13.** Resultados de análisis sensorial por aceptación en el atributo de dulzura.

Estas diferencias en los gustos de las personas hacia la intensidad del sabor dulce se debe a que Beaucham y Moran (1982) mencionan que el condicionamiento al sabor dulce de niños y durante el embarazo es de especial preocupación, debido a que la exposición crónica en estas etapas de la vida de una persona pueden propiciar o influenciar la preferencia de estos alimentos al largo plazo.

**Consistencia.** La consistencia es un atributo que debe ser siempre medido mediante el análisis sensorial (Meilgaard *et al.*, 1999). Según Sancho *et al.* (1999) la consistencia depende de la sensación de textura del alimento. Es considerada la cualidad que muestran las sustancias líquidas en relación con su densidad y/o carácter untuoso.

La evaluación realizada mostró una tendencia de los panelistas hacia la aceptación del atributo de consistencia del jugo. Un 48% de los panelistas mostro aceptación del atributo

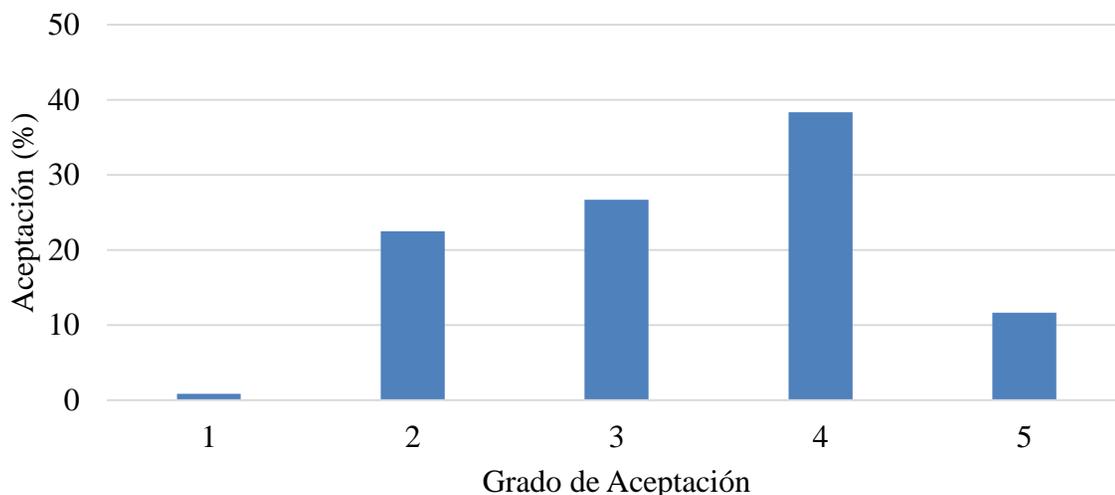
y solamente un 25% de los 120 panelistas evaluadores mostro un desagrado hacia la consistencia del jugo; El restante 27% de los panelistas mostro una indiferencia hacia la consistencia del jugo evaluado (Figura 14).



**Figura 14.** Resultados de análisis sensorial por aceptación en el atributo de consistencia.

**Aceptación general.** El proceso por el que una persona acepta o rechaza un alimento tiene un carácter muy variable. La percepción de los humanos hacia los alimentos es el resultado de un conjunto de sensaciones experimentadas y de cómo estas son interpretadas (Costell, 2001).

En la evaluación realizada, el 23% de los panelistas rechazó el jugo de guayaba, sin embargo la curva mostró una tendencia hacia el gusto general del producto, y al mismo tiempo solo un 0.83% de los evaluados mostraron un disgusto extremo hacia la aceptación general. Un 50% de los panelistas mostró una aceptación y gusto por el jugo mientras un 27% se mostró indiferente ante la aceptación general del producto (Figura 15).



**Figura 15.** Resultados de análisis sensorial por aceptación en la aceptación general del producto optimizado.

**Análisis de costos variables.** Los costos variables para la producción de 1 L del producto optimizado con una relación 60% de té y 40% puré y con 0.055% de goma Xantán (Cuadro 10). Mostrando un costo variable de \$ 0.42/ L.

**Cuadro 10.** Costos variables para la producción de un litro del producto optimizado.

Productos	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Hoja de guayaba (L)	0.12	\$ -	\$ -
Agua (L)	0.60	\$ 0.00	\$ 0.00
Pure de guayaba (lb)	0.40	\$ 0.35	\$ 0.14
Benzoato de Sodio (g)	0.01	\$ 9.13	\$ 0.06
Goma Xantán (g)	0.06	\$ 3.85	\$ 0.21
<b>TOTAL</b>			\$ 0.42

## 4. CONCLUSIONES

- Se obtuvo un modelo matemático predictivo para el comportamiento de las variables respuesta: Separación de fases, viscosidad, color y acidez del jugo. No hubo predicción en comportamiento de las variables: °Brix y propiedades antimicrobianas.
- La función de utilidad, a través del cálculo de las medias geométricas, permitió obtener valores en los cuales todas las variables respuesta fueran optimizadas ya sea en su maximización o minimización.
- Se determinó que la combinación de 60 y 40% de té de guayaba y puré de guayaba respectivamente con un 0.055% de goma Xantán optimizan las variables físicas del jugo funcional.

## **5. RECOMENDACIONES**

- Realizar un análisis de vida anaquel del producto para su comercialización.
- Establecer el etiquetado nutricional pertinente para la elaboración de la etiqueta del producto y brindar una mejor información al consumidor.
- Realizar pruebas de las propiedades funcionales del jugo de guayaba.
- Repetir el análisis de separación de fases para encontrar diferencias estadísticas de los datos obtenidos.
- Elaborar un análisis económico para comparar ganancias entre la venta de la fruta y del jugo funcional de guayaba.

## 6. LITERATURA CITADA

Al-Bayati F. y M. Muthanna, 2009. Isolation, identification, and purification of cinnamaldehyde from *Cinnamomum zeylanicum* bark oil. Tesis, An antibacterial study. *Pharmaceutical Biology*, p 61-66.

Ávila R. y C. González. 2011. La evaluación sensorial de bebidas a base de fruta: una aproximación difusa. Tesis, Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, 12 p.

Barbalho S., F. Machado, R. Goulart, A. Brunnati, A. Ottoboni y C. Nicolau. 2012. *Psidium guajava* (Guava): A Plant of multipurpose Medicinal Applications. Tesis, Medicinal and Aromatic Plants, p 1-6.

Barry A., M. Coyle, C. Thornsberry, E. Gerlach y R. Hawkinson. 1979. Methods of measuring zones of inhibition with the Bauer-Kirby disk susceptibility test. Tesis, *Journal of Clinical Microbiology*, p 885-889.

Base SAS® 9.3 TS1M2. SAS Institute Inc., Cary, NC.

Becton Dickinson GmbH. 2013. Instrucciones de uso. Medios en placa listos para usar. BD, 7 p.

Beauchamp G. y M. Moran. 1982. Dietary experience and sweet taste preference in human infants. Tesis, *appetite* p 139-152.

Biswas B., K. Rogers, F. McLaughlin, D. Daniels y A. Yadav. 2013. Antimicrobial Activities of Leaf Extracts of Guava (*Psidium guajava* L.) on Two Gram-Negative and Gram-Positive Bacteria. Tesis, *International Journal of Microbiology*, 7 p.

Bontempo P., A. Doto, M. Miceli, L. Mita y R. Benederri. 2012. *Psidium guajava* L. antineoplastic effects: induction of apoptosis and cell differentiation. Tesis, *Cell profit*, p 22-31.

Box, G. y N. Draper. 1967. Empirical model-building with response surface, a book be published.

Box, G, W. Hunter y J. Hunter. 1978. *Statistics for experimenters: An introduction to desing, data analysis and model building*, New York: John Wiley & Sons.

Brookfield. s.f.. Learn about viscosity. Obtenido de Nectar Applications: <http://www.brookfieldengineering.com/education/applications/laboratory-nectar-apricot-various-flavors.asp>

CENTA. 2014. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal Enrique Alvarez Cordoba. Obtenido de Guía técnica del cultivo de la guayaba: <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/frutales/GUIA%20CULTIVO%20GUAYABA.pdf>

Cheng L., C. Soh, S. Liew y F. Teh. 2007. Effects of sonication and carbonation on guava juice quality. Tesis, Food Chemistry, p 1396-1401.

Christianson D., J. Hodge, D. Osborne y R. Detroy. 1981. Gelatinization o sweat starch as modified by xanthan gum, guar gum, and cellulose gum. Tesis, U.S. Department of Agriculture, 5 p.

Costell E. 2001. La aceptabilidad de los alimentos: nutrición y placer. Tesis, Arbor CLXVIII, p 65-85.

De Mello M. 2009. Goma xantana: produção, recuperação, propriedades e aplicação. Tesis, Estudos tecnológicos, p 50-67.

Feng P., S. Weagant, M. Grant y W. Burkhardt. 2002. Bacteriological Analytical Manual, Enumeration of Escherichia coli and the Coliform Bacteria. Obtenido de U.S. Food and Drug Administration (FDA): <http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods/ucm064948.htm#conventional>

Giner J., A. Ibarz, S. Garza y S. Xhian-Quan. 1996. Rheology of Clarified Cherry Juices. Tesis, Journal of food engineering, p 147-154.

Haida A. 2011. Phenolic compounds and antioxidant activity of two varieties of guava an rue. Tesis, Bras Cienc Saúde, p 32-41.

Hernández E., C. Chen, J. Jhonson y R. Carter. 1995. Viscosity changes in orange juice after ultrafiltration and evaporation. Tesis, Journal of food engineering, p 384-396.

Husin W. 2005. Property of *Psidium guajava L.* leaves in treatment of diarrhea. Tesis, Twinmap, 6 p.

IFT. 2014. Industria Alimenticia. Obtenido de 10 principales tendencias de los alimentos funcionales para el 2014: <http://www.industriaalimenticia.com/articles/87356-principales-tendencias-de-los-alimentos-funcionales-para-el-2014>

MAG. 2012. Ministerio de Agricultura y Ganadería de EL Salvador. Obtenido de informe de rendición de cuentas en la que se expuso los logros en cuanto a investigación, extensión agropecuaria y toda la actividad de apoyo a los productores del país: [http://www.mag.gob.sv/index.php?option=com\\_k2&view=item&id=1034:centa-presenta-informe-rendici%C3%B3n-de-cuentas-2014-2015&Itemid=168](http://www.mag.gob.sv/index.php?option=com_k2&view=item&id=1034:centa-presenta-informe-rendici%C3%B3n-de-cuentas-2014-2015&Itemid=168)

Mascan M. 2006. Production of pomegranate (*Punica granatum L.*) juice concentrate by various heating methods: colour degradation and kinetics. Tesis, Journal of food engineering, p 218-224.

Meilgaard M., G. Civille, B. Carr. 1999. Sensory evaluation techniques. 3<sup>rd</sup> ed. CRC Press LLC 2000, 9 p.

Mendonça R., L. Mendonça, L. Quitão, A. Guimarães y E. de Souza. 2013. Efeito da adição de hidrocoloides e emulsificante na estabilidade de licores cremosos. Tesis, Centro Científico Conheser, 11 p.

Ojewole J. 2006. Anti-Inflammatory and analgesic effects of *Psidium guajava* Linn (Myraceae) leaf aqueous extracts in rats and mice. Tesis, Methods Find Exp Clin Pharmacol, p 441-446.

Pandey A. 2012. Antibacterial Properties of *Psidium guajava* leaves, fruits and stems against various pathogens. Tesis, International journal of pharmaceutical research and development, p 15-24.

Rattanachaiakunsopon P. y P. Phumkhachorn. 2010. Contents and antibacterial activity of flavonoids extracted from leaves of *Psidium guajava*. Tesis, Med plants res, p 393-396.

Rivera J., O. Hernández, M. Rosas, C. Aguilar, B. Popkin y W. Willett. 2008. Consumo de bebidas para una vida saludable: recomendaciones para la población mexicana. Tesis, salud pública de México, 23 p.

Reiter M., S. Neidhart y R. Carle. 2003. Sedimentation behaviour and turbidity of carrot juices in relation to the characteristics of their cloud particles. Tesis, Journal of the Science of Food and Agriculture, p 745-751.

Rodríguez M. 2009. Eroski consumer. Obtenido de El color en los alimentos: <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/ciencia-y-tecnologia/2002/10/09/3639.php>

Rozin P. 1982. "Taste-smell confusions" and the duality of the olfactory sense. Tesis, Perception and Psychophysics, p 397-401.

RTC 67.04.50:08. 2009. Alimentos, criterios microbiológicos para la inocuidad de alimentos. ICS 67.050.

Sancho J., E. Bota y J. de Castro. 1999. Introducción al análisis sensorial de los alimentos. 4<sup>ta</sup> edición, GRAMAGRAF, S.C.C.L.

Shamsudin R., I. Mohamed y N. Mohd. 2005. Thermophysical properties of Thai seedless guava juice as affected by temperature and concentration. Tesis, Journal of food engineering, p 395-399.

Singh R., S. Rastogi, N. Singh, S. Ghosh y S. Gupta. 1993. Can guava fruit intake decrease blood pressure and blood lipids. Tesis Hum Hypertens, p 33-38.

Thompson D. 1982. Response surface experimentation. Journal of food process and preservation, V.6, P. 155.

Thongsobat W., A. Sirichote y S. Chanthachum. 2007. The production of guava juice fortified with dietary fiber. Tesis, Songklanakarin J. Sci. Technol., p 187-196.

Universidad Nacional de Colombia. 2006. Procesamiento y conservación de frutas. Obtenido de Control de calidad:

<http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/agronomia/2006228/teoria/obpulpfru/p7.htm>

Yen, G. y H. Lin. 1998. Effects of High Pressure and Heat Treatment of Pectic Substances and Related Characteristics in Guava Juice. Tesis, Journal of Food Science, p 684-687.

Yusof S. 2003. Guava. In B. Caballero, L. C. Trugo, & P. M. Finglas (Eds.). Encyclopedia of food science and nutrition (Vol. 2). San Diego, CA: Academic Press.

## 7. ANEXOS

**Anexo 1.**Tabla para la interpretación de resultados del NMP.

Pos. tubes			MPN/g	Conf. lim.		Pos. tubes			MPN/g	Conf. lim.	
0.10	0.01	0.001		Low	High	0.10	0.01	0.001		Low	High
0	0	0	<3.0	—	9.5	2	2	0	21	4.5	42
0	0	1	3.0	0.15	9.6	2	2	1	28	8.7	94
0	1	0	3.0	0.15	11	2	2	2	35	8.7	94
0	1	1	6.1	1.2	18	2	3	0	29	8.7	94
0	2	0	6.2	1.2	18	2	3	1	36	8.7	94
0	3	0	9.4	3.6	38	3	0	0	23	4.6	94
1	0	0	3.6	0.17	18	3	0	1	38	8.7	110
1	0	1	7.2	1.3	18	3	0	2	64	17	180
1	0	2	11	3.6	38	3	1	0	43	9	180
1	1	0	7.4	1.3	20	3	1	1	75	17	200
1	1	1	11	3.6	38	3	1	2	120	37	420
1	2	0	11	3.6	42	3	1	3	160	40	420
1	2	1	15	4.5	42	3	2	0	93	18	420
1	3	0	16	4.5	42	3	2	1	150	37	420
2	0	0	9.2	1.4	38	3	2	2	210	40	430
2	0	1	14	3.6	42	3	2	3	290	90	1,000
2	0	2	20	4.5	42	3	3	0	240	42	1,000
2	1	0	15	3.7	42	3	3	1	460	90	2,000
2	1	1	20	4.5	42	3	3	2	1100	180	4,100
2	1	2	27	8.7	94	3	3	3	>1100	420	—

**Anexo 2.** Análisis sensorial preliminar de preferencia.

**Prueba de Preferencia 03/09/2015**

Por favor encierre en un círculo la respuesta acorde a su preferencia.

Nombre: \_\_\_\_\_

¿Cuál de los dos productos mostrados prefiere?

315      462

Observaciones/Sugerencias: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

¡Muchas Gracias!

**Anexo 3. Análisis sensorial de aceptación**

**Prueba hedónica de aceptación de Jugo Funcional de Guayaba  
06/09/2015**

**Instrucciones:** Evalúe la apariencia antes de probar cada muestra. Pruebe la muestra presentada y marque con una X el cuadrado indicando su grado de aceptación.

	Me disgusta extremadamente	Me disgusta	ng/nd	Me gusta	Me gusta extremadamente
Color	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Olor	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Viscosidad	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Dulzura	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Consistencia	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Aceptación General	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

**Comentarios/Sugerencias:**

---

---

---

**¡Muchas Gracias por su Participación!**