

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano**  
**Departamento de Agroindustria Alimentaria**  
**Ingeniería en Agroindustria Alimentaria**



Proyecto Especial de Graduación

**Desarrollo de chocolate con adición de harina de cáscara de pitahaya  
(*Selenicereus costarricensis*) como fuente de fibra dietética y compuestos  
antioxidantes**

Estudiante

José Andrés Melara Gómez

Asesores

Jorge Cardona, Ph. D.

Adriana Hernandez, D. Sc.

Honduras, noviembre 2024

## **Autoridades**

**SERGIO RODRÍQUEZ ROYO**

Rectora

**ANA M. MAIER ACOSTA**

Vicepresidenta y Decana Académica

**ADELA M. ACOSTA MARCHETTI**

Directora Departamento de Agroindustria Alimentaria

**JULIO NAVARRO**

Secretario General

## Contenido

Índice de Cuadros.....	5
Índice de Figuras .....	6
Índice de Anexos .....	7
Resumen .....	8
Abstract.....	9
Introducción.....	10
Materiales y Métodos.....	13
Localización del Estudio .....	13
Diseño Experimental .....	13
Fase I .....	14
Elaboración de Harina de Pitahaya .....	14
Caracterización de la Harina de Cáscara Pitahaya.....	15
Fase 2 .....	21
Análisis Estadístico .....	23
Resultados y Discusión.....	25
Fase 1 .....	25
Elaboración y Caracterización de la Harina de Cáscara de Pitahaya .....	25
Fase 2 .....	32
Elaboración de chocolate.....	32
Evaluación Sensorial .....	34
Prueba de Preferencia .....	39
Etiqueta Nutricional .....	40
Disminución Calórica e Incremento de Fibra.....	40
Conclusiones .....	43
Recomendaciones.....	44

Referencias.....45

Anexos.....49

## Índice de Cuadros

Cuadro 1 Descripción de los tratamientos.....	14
Cuadro 2 Resultados Caracterización de HCP .....	26
Cuadro 4 Resultados de prueba de preferencia .....	40
Cuadro 5 Cálculo Disminución calórica a chocolates con inclusión de HCP .....	41
Cuadro 6 Cálculo de Incremento de fibra a chocolates con inclusión de HCP .....	41

## Índice de Figuras

Figura 1 Resultados de la frecuencia de pesos de 30 pitahayas pesadas en 3 repeticiones. ....	26
Figura 2 Resultados de rangos de pesos de trozos de cáscara de pitahaya deshidratada. ....	27
Figura 3 Resultados de prueba de granulometría de harina de cáscara de pitahaya. ....	28
Figura 4 Resultados de colorimetría para harina de cáscara de pitahaya. ....	30
Figura 5 Resultados de colorimetría para chocolates con inclusión de harina de cáscara de pitahaya a diferentes concentraciones. ....	33
Figura 6 Resultados de la Evaluación Sensorial para Atributos de Apariencia/Brillo, Textura, Sabor, Pos-gusto y Aceptación General. ....	36

## Índice de Anexos

Anexo A Resultados de Colorimetría para HCP y Tratamientos en chocolate.....	49
Anexo B Curva Estándar solución metanólica DPPH.....	50
Anexo C Boleta de evaluación sensorial .....	51
Anexo D <i>Análisis de correlación entre atributos de la evaluación sensorial</i> .....	52
Anexo E Etiqueta Nutricional Chocolate Zamorano 70% cacao Label USA 1990 .....	53
Anexo F Etiqueta Nutricional Chocolate Zamorano 70% cacao + 3% HCP Label USA 1990 .....	54
Anexo G Etiqueta Nutricional Chocolate Zamorano 70% cacao + 6% HCP Label USA 1990.....	55
Anexo H Etiqueta Nutricional Chocolate Zamorano 70% cacao + 9% HCP Label USA 1990.....	56

## Resumen

Actualmente, un tercio de los alimentos producidos en el sector hortofrutícola terminan en la basura. Por lo tanto, se buscó aprovechar los residuos de cáscara de pitahaya e incluirlos en chocolate 70% cacao. El objetivo de esta investigación fue elaborar chocolate fortificado con componentes bioactivos obtenidos de la harina de la cáscara de pitahaya (HCP). Se evaluaron cuatro tratamientos: control (0% de harina) y tres reducciones de azúcar y adición de harina (3, 6 y 9%). Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA), con un nivel de significancia del modelo ( $P < 0.05$ ) y se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) y una separación de medias Duncan. Esta investigación constó de dos fases. Para la primera fase, se caracterizó la HCP con análisis de rendimiento, granulometría, contenido de humedad, colorimetría, capacidad antioxidante y fibra cruda. Para la segunda fase se realizaron chocolates con sustituciones de azúcar por HCP en función de los tratamientos, cada tratamiento fue sometido a una evaluación sensorial. Se obtuvo un rendimiento promedio de 3.8% y un tamaño de partícula promedio de 840  $\mu\text{m}$ . La capacidad antioxidante obtuvo un resultado de 37.61% de inhibición de radicales libres, y una concentración de 2.98 mMol/g de capacidad antioxidante. Finalmente, el porcentaje promedio de fibra cruda fue de 65.3%. El chocolate que presentó una mejor aceptación general en la evaluación sensorial fue el tratamiento con menor adición de harina. Se demostró que a partir de la inclusión de 6%, el chocolate pudo declararse como “excelente fuente” de fibra.

*Palabras clave:* componentes bioactivos, co-producto, evaluación sensorial, revalorización, incremento de fibra.

### Abstract

Currently, one-third of the food produced in the horticultural sector ends up in the trash. Therefore, this study aimed to use pitahaya peel waste by incorporating it into 70% cocoa chocolate. The objective was to produce chocolate fortified with bioactive components derived from pitahaya peel flour (PPF). Four treatments were evaluated: control (0% flour) and three sugar-reduction levels with added flour (3%, 6%, and 9%). A Completely Randomized Design (CRD) was applied, with a significance level of 95% ( $P < 0.05$ ). ANOVA and Duncan's mean separation tests were performed. The study consisted of two phases. In the first phase, PPF was characterized by yield, granulometry, moisture content, colorimetry, antioxidant capacity, and crude fiber analysis. In the second phase, chocolates were made by replacing sugar with PPF according to the treatments, followed by sensory evaluation. The average yield was 3.8%, with an average particle size of 840  $\mu\text{m}$ . The antioxidant capacity reached 37.61% free radical inhibition, and a concentration of 2.98 mMol/g antioxidant capacity. Finally, the average crude fiber content was 65.3%. The chocolate with the lowest flour addition showed the highest overall sensory acceptance. From 6% inclusion onwards, the chocolate could be declared an "excellent source" of fiber.

*Keywords:* bioactive components, co-product, fiber enhancement, sensory evaluation, valorization.

## Introducción

El acceso limitado a alimentos saludables y nutritivos, en adición a una excesiva propaganda de alimentos ultra procesados, los cuales son altos en grasas y azúcares, ha desatado una epidemia mundial de enfermedades no transmisibles (Babio et al., 2020). La creciente demanda de alimentos ultra procesados es provocada en gran medida a la facilidad de preparación y a la carencia de tiempo con la que cuentan las personas actualmente. El informe de la Organización Panamericana de la Salud (OPS) titulado "Alimentos y bebidas ultraprocesados en América Latina" revela que las ventas de estos productos crecieron un 8,3% entre 2009 y 2014, el último año con datos disponibles. Además, se estimó que para 2019 habrían aumentado otro 9,2% (Organización Panamericana de la Salud [OPS], 2019).

Actualmente, la industria hortofrutícola genera grandes cantidades de desperdicios. Según el "Informe del Desperdicio Alimentario en la Industria y la Distribución en España de 2020" (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2020), el 22% de la pérdida de alimentos en las empresas se debe a problemas de gestión del almacenamiento. Otras de las razones más comunes que llevan a la pérdida de los alimentos en la cadena de suministro son los problemas que presenta el manejo o preparación de las frutas y hortalizas; del mismo modo que la sobreproducción, lo cual puede ocasionarse por una mala planificación o que se busque contrarrestar contratiempos. En el grupo de frutas y hortalizas, las pérdidas y el desperdicio alcanzan los mayores índices, oscilando entre un 35% y un 55%. En las regiones industrializadas, estas pérdidas ocurren principalmente durante la producción agrícola, debido a la clasificación de las cosechas que imponen los estándares de calidad establecidos por los minoristas (Lema et al., 2017).

La utilización de coproductos para fortificaciones de alimentos procesados es una buena alternativa para evitar que este desperdicio continúe creciendo, en otras palabras, lo que se buscó proponer fue la implementación de subproductos que son considerados desperdicios de la industria hortofrutícola. Los residuos agroindustriales pueden contribuir de manera importante a la economía

circular, ya que, pueden ser usados como materias primas en diferentes procesos de producción. Estos residuos se pueden clasificar en dos tipos diferentes; por un lado, residuos de campo, como hojas, tallos, vainas de semillas y tallos que permanecen en el campo después de la cosecha. Por otro lado, los residuos de procesos, como melaza, cáscaras, bagazos, vástagos, semillas, hojas, tallo, paja, pulpa, rastrojo y raíces, que están presentes después de que los cultivos se transforman en productos para consumo final (Romero-Sáez, 2022).

La pitahaya (*Selenicereus costarricense*) es una fruta originaria de Centroamérica y la selva peruana, cuya popularidad ha aumentado recientemente, puesto que es considerada un alimento funcional gracias a sus características fisicoquímicas y compuestos bioactivos como betalainas; que poseen efectos antiinflamatorios, betaninas y betacianinas; que son considerados colorantes naturales, alto contenido de fibra, vitamina C y fenoles que funcionan como antioxidantes, y pectina capaz de disminuir los niveles de lípidos y glucosa en el organismo (Verona-Ruiz et al., 2020). Generalmente, solo se consume la pulpa de esta fruta; sin embargo, la cáscara, que representa entre el 37% y el 38% del peso total del fruto, es desechada (Cueva Calle, 2020). Gracias al crecimiento de la industria alimentaria y sus avances tecnológicos es posible brindarle una revalorización a dicho subproducto e implementarlo en un alimento.

El objetivo de este estudio fue realizar una caracterización física, química y nutricional de la harina de cáscara de pitahaya (HCP) para usarla y conferirle valor agregado a este coproducto de la agroindustria. Seguidamente, se evaluó sensorialmente el chocolate Zamorano 70% cacao con diferente contenido de HCP. Finalmente, se caracterizó física y nutricionalmente los diferentes tratamientos de chocolate con HCP.

Se demostró que una barra de chocolate que incorpore HCP puede ofrecer beneficios para la salud de los consumidores, debido a los compuestos bioactivos que estas aportan, como la fibra dietética, sin afectar significativamente la aceptación sensorial. Por lo general, los chocolates contienen una cantidad limitada de fibra. Según la revista web (Abasto, 2012), el chocolate más

vendido para el año 2012 en el mundo es el Snickers, el cual, presenta una clasificación no definida (N.D.) para el apartado de fibra en el etiquetado nutricional. Por otra parte, el chocolate Lindt de 70% cacao contiene tan solo 2 g de fibra en 100 g de contenido neto, mientras que según él (RTCA, 2012) Anexo E, para considerarse “fuente” de fibra, un producto debería contener al menos 3 g de fibra en 100 g de contenido neto. En este sentido, un chocolate que incluya HCP podría tener un impacto positivo en los consumidores y en sus elecciones de golosinas, ya que les proporcionaría una alternativa más saludable.

## **Materiales y Métodos**

### **Localización del Estudio**

La pitahaya fue obtenida gracias a la donación de “Inversiones del Trópico Seco”. Esta es una empresa agrícola destinada a la producción de pitahaya en el departamento de Choluteca, Honduras. Además, ellos contribuyen con el apoyo a pequeños agricultores que se dedican a la producción de pitahaya en el corredor seco. El nombre de la finca en el que se cultivaron las pitahayas es: “Finca La Orejona”, ubicada en San Marcos de Colón, Choluteca. Cuenta con una elevación de 930 msnm, su precipitación anual promedio es de 1,700 mm. Luego de cosecharlas, fueron lavadas con una solución de cloro a 100 ppm y fueron trasladadas de Choluteca a Tegucigalpa en el mismo día.

El cacao fue cultivado y cosechado por la empresa Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA). Este provino de la región de Peña Blanca, Lago de Yojoa, Cortés, Honduras. El proceso de fermentación utilizado para obtener los granos de cacao fue por medio de fermentación en la caja escalonada de madera. Se secó mediante uso de camas africanas. Las condiciones de almacenamiento del grano fueron: 9% de humedad del grano, 18-24 °C, 65 a 68% de humedad relativa.

El desarrollo del chocolate se llevó a cabo en el laboratorio de cacao de la Planta Hortofrutícola. La evaluación sensorial se llevó a cabo en el laboratorio de análisis sensoriales de la Planta de Innovación de Alimentos (PIA). Los análisis fisicoquímicos se realizaron en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano (LAAZ). El estudio se realizó en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano; ubicada en el departamento de Francisco Morazán, Honduras.

### **Diseño Experimental**

El proyecto constó de dos fases, la primera fase consistió en la elaboración y caracterización de HCP por triplicado. En esta fase se analizó rendimiento, granulometría, contenido de humedad, colorimetría, capacidad antioxidante y fibra cruda. En la segunda fase, se elaboró chocolate con

sustitución de azúcar por HCP a diferentes concentraciones (Cuadro 1). Los demás ingredientes, manteca de cacao al 10% y nibs de cacao al 60%, se mantuvieron en las mismas proporciones. Además, se llevó a cabo una evaluación sensorial de aceptación y preferencia tomando en cuenta 100 panelistas en tres repeticiones. Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con 3 tratamientos más un control y 3 repeticiones para un total de 12 unidades experimentales para la Fase 2. Para la Fase 1, se realizaron 3 repeticiones por cada análisis, con el fin de garantizar precisión, reproducibilidad y mejorar la validez estadística en la caracterización de la HCP.

### **Cuadro 1**

#### *Descripción de los tratamientos*

Tratamientos*	Descripción
Control	0% harina de cáscara de pitahaya
TRT1	3% harina de cáscara de pitahaya
TRT2	6% harina de cáscara de pitahaya
TRT3	9% harina de cáscara de pitahaya

*Nota.* \*Todos los tratamientos fueron incluidos y reformulados al Chocolate Zamorano 70% cacao y el ingrediente que se redujo fue el azúcar.

### **Fase I**

La primera fase del proyecto consistió en la obtención de HCP de pitahaya (*Selenicereus costarricensis*) y su caracterización, para la cual, se utilizaron diversos equipos y se siguieron métodos específicos descritos a continuación.

#### ***Elaboración de Harina de Pitahaya***

Primero se lavaron las pitahayas para remover la suciedad. Luego, se procedió a seleccionar manualmente las pitahayas, evaluando su grado de maduración que se encontrase a nivel óptimo, es decir, que tuvieran un color uniforme y una firmeza media, nivel de pudrición, y asegurando que estuvieran libres de daños físicos. Se sumergieron en una solución de 50 ppm de hipoclorito de sodio durante cinco minutos para su desinfección (Martínez Díaz, 2022). A continuación, se realizó el despulpado de las cáscaras en buen estado. Luego, se cortaron en trozos finos de 1 cm de ancho por 5 cm de largo. Estos trozos se desinfectaron nuevamente sumergiéndolos en la misma solución de

hipoclorito de sodio. Finalmente, tanto la pulpa como las cáscaras cortadas se guardaron por separado en bolsas, listas para ser llevadas al deshidratador.

Para el secado de las cáscaras se procedió inicialmente a realizar la inmersión en una solución de ácido cítrico al 1% por un periodo de una hora para evitar el pardeamiento. Posteriormente, los trozos de cáscaras se secaron utilizando un “Deshidratador de bandejas Lassele DY-110H” una temperatura constante de 60 °C durante 11 horas para llegar a una humedad final de 10%. Para reducir el tamaño de partícula las cáscaras secas fueron trituradas con la ayuda de una “Licuadora Vitamix 520”. Posteriormente, se pulverizaron y homogeneizaron las cáscaras utilizando el molino “Thomas Scientific Wiley Mill Model 4” con una rejilla de orificios de 2 mm de diámetro previamente desinfectada. La harina obtenida fue almacenada en bolsas de polietileno de alta densidad y fueron selladas al vacío en una “Empacadora al Vacío Multivac” en un ambiente de baja humedad relativa (<60%) y sin la exposición directa del sol para evitar cambios físicos (Aguiar Novillo y Uvidia Cabadiana, 2022).

### ***Caracterización de la Harina de Cáscara Pitahaya***

#### **Rendimiento.**

Se utilizó una “Balanza analítica Mettler Toledo BPA121” para determinar el peso de las pitahayas. Se pesó una muestra representativa de 10 pitahayas enteras en tres repeticiones distintas, de un lote de 100 pitahayas. Luego, se pesaron las 30 cáscaras de pitahaya. Finalmente, se pesaron las cáscaras ya secas. Se pesaron los trozos de cáscara de pitahaya al salir del deshidratador, para comparar el peso de la cáscara húmeda con el peso de la cáscara seca. Se determinó el rendimiento en peso utilizando la Ecuación 1.

$$R(\%) = \frac{P2*100}{P1} \quad [1]$$

Donde:

P1: es la masa, en gramos, de la pitahaya entera.

P2: es la masa, en gramos, de la cáscara deshidratada.

### **Granulometría.**

Para determinar la granulometría de la HCP se utilizaron los tamices “U.S.A. STANDARD TEST SIEVE” con dimensiones de 1.9 mm (No. 10), 840  $\mu\text{m}$  (No. 20), 590  $\mu\text{m}$  (No. 30), 420  $\mu\text{m}$  (No. 40), 250  $\mu\text{m}$  (No. 60) y 150  $\mu\text{m}$  (No. 100). Se limpiaron y desinfectaron cada uno de los tamices y se registraron sus pesos iniciales. Luego, se pesaron tres muestras de 100 g. Se tamizaron las tres muestras y se registraron los pesos de cada tamiz con la cantidad de muestra que habían retenido. Se determinó el peso retenido por tamiz usando la Ecuación 2.

$$Pr = Pft - Pit \quad [2]$$

Donde:

Pr: Peso retenido en gramos

Pft: Peso final del tamiz con la muestra

Pit: peso inicial del tamiz

A continuación, se calculó el peso retenido acumulado mediante la suma de cada uno de los pesos retenidos para cada tamiz. Al tener estos valores fue posible calcular el porcentaje de muestra retenido por cada tamiz, denominado como Retenido parcial, por medio de la Ecuación 3.

$$Rp(\%) = \frac{Prac}{Ptotal} * 100 \quad [3]$$

Donde:

Rp (%): Porcentaje de peso acumulado por cada tamiz (Retenido parcial)

Prac: Peso retenido acumulado en gramos

Ptotal: Peso total de la muestra en gramos

### **Contenido de Humedad.**

Se determinó el contenido de humedad de la harina mediante el procedimiento establecido por la AOAC 934.06. Para este procedimiento fue necesario secar previamente los crisoles a 105 °C en un “Horno de convección Fisher Scientific 750 F” el día anterior a la realización del análisis. Posteriormente, luego de secarse, se dejaron enfriar a temperatura ambiente en un “Desecador Labexco” y se pesaron. A continuación, se agregaron a los crisoles  $3 \pm 0.005$  g de las muestras en 3 repeticiones. Se introdujeron los crisoles nuevamente en el horno a 70 °C por un periodo de 18 horas. Luego se dejaron enfriar nuevamente en el desecador durante 15 minutos. Finalmente, se pesaron los crisoles con la muestra seca en una “Balanza analítica OHAUS Adventurer™”. Se utilizó la Ecuación 4 para determinar el contenido de humedad presente en la muestra.

$$W = \frac{M1-M0}{M1-M2} * 100 \quad [4]$$

Donde:

M0: es la masa, en gramos, del crisol seco.

M1: es la masa, en gramos, del crisol seco y la muestra antes del secado.

M2: es la masa, en gramos, del crisol seco y la muestra después del secado.

### **Colorimetría**

Se evaluó el color en la harina mediante la aplicación “Color Assist Lite” con una cámara de un smartphone de 12 Mpx. En este análisis se colocó la cámara del celular a 14.5 cm de la muestra y se evitó obstruir la iluminación de la muestra. Se tomaron 10 muestras de color en tres repeticiones diferentes para obtener un valor representativo del color de dicha harina. Los datos que la aplicación otorgó estaban en formato RGB. El espacio de color RGB es utilizado principalmente en dispositivos electrónicos que emiten luz. Es un modelo tridimensional que genera colores a partir de las

combinaciones de tres colores primarios, los cuales son rojo (Red), verde (Green) y azul (Blue) en una escala de 0 a 255.

Los datos obtenidos fueron convertidos al espacio de color CIEL\*a\*b. Este espacio está descrito como una esfera donde L representa la luminosidad relativa, mostrando la oscuridad y blanco en escala 0 a 100 respectivamente. Valores de a\* representan la intensidad relativa del color verde y rojo en escala -80 a +80. Finalmente, b\* corresponde a la intensidad relativa del color azul y amarillo en escala -80 a +80.

Se generó un plano cromático con las coordenadas (a\*, b\*), donde, la hipotenusa (Ecuación 5) generada a partir de la intersección de dichas coordenadas se relacionó con la Pureza del color (croma). Por otro lado, el Tono (Ecuación 6) fue obtenido mediante el cálculo del ángulo de dicha hipotenusa desde el eje a\* (Hue angle), de la siguiente forma (Talens Oliag, 2018):

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad [5]$$

$$Hue\ angle = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad [6]$$

#### **Capacidad Antioxidante.**

Se determinó la capacidad antioxidante de la cáscara de pitahaya en función de su capacidad captadora de radicales libres mediante la integración de métodos utilizados en diversos estudios (Yap et al., 2020) Dicho método se basa en la disminución de absorbancia a través del tiempo, debido a la eliminación de radicales libres presentes en una solución. Para llevar a cabo dicha reducción, se preparó una solución “base” metanólica de DPPH a una concentración de 0.004% (w/v). También, se preparó una solución “curva” de ácido gálico y agua destilada y se diluyó a diferentes concentraciones (0.18, 0.35, 0.53, 0.7 mMol)

para generar una curva estándar y contrastar con esta los datos obtenidos de la muestra de cáscara de pitahaya.

Para realizar la curva estándar mediante el análisis por espectrofotometría se utilizó un “Espectrofotómetro de UV/VIS Cary 8454”. Se prepararon 2.5 ml de la solución “base” y se añadieron 50 µl de cada una de las concentraciones de la solución “curva”, se agitaron haciendo uso de un “Agitador Vortex VM-10” y se dejaron reposar por 30 minutos a temperatura ambiente y en un lugar sin contacto con luz directa. Luego, el protocolo para generar la curva estándar requirió de la evaluación inicial de una muestra (blanco), para este se utilizó agua destilada como una solución sin presencia de radicales libres ni compuestos antioxidantes. Posteriormente, se procedió a analizar cada solución preparada con las respectivas concentraciones de la solución “curva”, siendo la primera la solución “base” como un parámetro a 0% de presencia de antioxidantes. Se registraron los resultados y se generó la curva estándar como un gráfico lineal en Excel, donde, el valor mínimo de aceptación del  $R^2$  fue de 0.996.

Finalmente, se realizó el análisis de una muestra por triplicado de 1g de cáscara de pitahaya en 10 mL de metanol. Se utilizó metanol debido a que este presentaba una mayor fluidez con las muestras, en comparación al agua destilada que generaba una muestra muy viscosa e impedía una correcta lectura en el espectrofotómetro. Se realizó el análisis y se registraron los datos. La capacidad inhibidora de radicales se determinó utilizando la Ecuación 7 propuesta por Yap et al. (2020).

$$\%Inhibición = \frac{A_i - A_f}{A_i} * 100 \quad [7]$$

Donde:

$A_i$ : Absorbancia inicial del DPPH (minuto 0)

Af: Absorbancia final del DPPH con la muestra (minuto 30)

### **Fibra Cruda.**

Se analizó mediante el método AOCS Ba 6a-05 (2011) por triplicado, el cual, determina la fibra cruda del residuo orgánico restante de una digestión con de ácido sulfúrico H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a 0.255N e hidróxido de sodio NaOH a 0.313N en un equipo llamado “ANKOM220 Fiber Analyzer – Gemini BV”. Los análisis se realizaron por triplicado, se pesó 1g ± 0.005g de muestra y una prueba en blanco, las muestras se agregaron a una bolsa de filtro que se selló con calor. Se preparó una solución “ácida” de ácido sulfúrico con 1.25g/100mL para obtener una concentración de 0.255±0.005N. También, se preparó una solución “neutra” de hidróxido de sodio con 1.25g/100mL para obtener una concentración de 0.313±0.005N. Se prepararon 500 ml de cada solución.

Primero, se colocaron las 3 muestras de harina y se añadieron 500 ml de solución “neutra”, se llevaron a 90 °C durante 40 minutos. Luego de 40 minutos, se realizó un lavado con 2 litros agua destilada a entre 50-90 °C con una agitación constante durante 10 minutos. A continuación, se realizó el mismo procedimiento con la solución “ácida” y se procedió a lavar la muestra utilizando la misma metodología anterior. Las muestras resultantes se colocaron en un vaso de precipitado de vidrio de 100 ml y se sumergieron en acetona por 5 minutos. Luego, se trasladaron a otro vaso de precipitado de vidrio previamente secado y fueron introducidas a un “Horno de convección Fisher Scientific 750 F” por 24 horas. Finalmente, se pesaron las muestras resultantes en una “Balanza analítica OHAUS Adventurer™”. El porcentaje de fibra cruda se determinó mediante la Ecuación 8 (American Oil Chemists' Society [AOCS], 2011).

$$\%Fibra\ cruda = \frac{(Po - (Pb \times Pc))}{Pm} \times 100 \quad [8]$$

Donde:

Po: Peso de la materia orgánica

Pb: peso de la bolsa

Pc: peso de la ceniza de la bolsa utilizada como blanco

Pm: peso de la muestra inicial

## **Fase 2**

La segunda fase del proyecto consistió en la elaboración de un chocolate añadiendo la harina y la realización de una evaluación sensorial. Se utilizaron diversos equipos y se siguieron métodos específicos descritos a continuación.

### **Elaboración del Chocolate.**

El proceso de elaboración de la barra de chocolate se realizó siguiendo el proceso que describió Guerrero et al. (2012). Se seleccionaron de forma manual, en la cual se descartaron los granos que presentaron agrietamiento y granos vanos. A su vez, se escogieron los granos que tenían el mismo tamaño para tener un tostado uniforme. Posteriormente, los granos fueron tostados a una temperatura de 130 °C en el horno de una “Estufa eléctrica Mabe”, durante 20 minutos. Se reacomodaban los granos cada cierto tiempo para asegurar un tostado uniforme. Luego, se introdujeron en el molino triturador “Cocoatown CTCR-MOT-EB-110” para obtener nibs de cacao y cascarilla. Posteriormente se removió la cascarilla de los nibs con la ayuda de la descascarilladora “Cocoatown 1.5” SS304 HT.66980”, fue necesario realizar este procedimiento de 2 a 3 veces para eliminar la mayor parte de cascarilla. Durante este proceso, se pesaron los granos de cacao iniciales y el producto final de nibs sin cáscara y se observó que se generaba una pérdida de un 33% del peso durante todo el proceso.

Después, se pesaron los ingredientes y se agregaron de la siguiente forma a la refinadora “Cocoatown ECGC12SLTA”. Primeramente, se agregaron los nibs lentamente y se esperó un tiempo de alrededor de 10 minutos antes de proceder a agregar la manteca de cacao, la cual, previamente se había derretido usando un “Microondas Whirlpool WMS07ZDHS” para facilitar el trabajo de refinamiento. Al mismo tiempo que se añadía la manteca, se agregó azúcar refinada. Para ir

finalizando, se agregó la HCP en las concentraciones establecidas por cada tratamiento, se mantuvo una agitación constante durante 24 horas. Finalmente, se añadió lecitina de soya. Además, en la etapa final se registró la temperatura, esta subió a 35 °C, lo cual, es producto de la fricción de las piedras de la máquina.

Al día siguiente, luego de 24 horas exactas de refinamiento, se procedió a continuar con el temperado. El temperado consistió en remover toda la pasta de chocolate obtenida del refinamiento y se colocó en una mesa de acero inoxidable previamente lavada y desinfectada. Al entrar en contacto el chocolate con la mesa, que estaba a 20 °C por el aire acondicionado del laboratorio, comenzó a bajar su temperatura, luego se incrementó la temperatura a 58 °C con la ayuda de una pistola de calor “DEWALT 1550W D26411” irradiada bajo la superficie de la mesa para evitar el contacto directo con el chocolate y quemarlo. A continuación, se bajó la temperatura a 28 °C para conseguir una nueva cristalización y, finalmente se incrementó la temperatura a 34 °C para fundir los cristales inestables.

El moldado se realizó en “Moldes de plástico de 40 g con forma de barra”, los cuales, fueron secados y limpiados con una toalla de papel seca para evitar la presencia de grasa en la superficie en contacto con el chocolate. Los moldes se agitaron y se golpearon suavemente para liberar cualquier burbuja de aire que afectase la calidad del chocolate, luego se dejaron solidificar entre 3 a 5 días bajo condiciones de refrigeración (Martínez Diaz, 2022).

#### **Análisis de Color.**

Se utilizó el mismo el mismo procedimiento y fórmulas previamente descritas para análisis de colorimetría. Se tomaron 10 muestras de color, en 3 repeticiones, para cada uno de los tratamientos, para obtener un valor representativo del color de cada muestra de chocolate. Se compararon los valores de L (luminosidad), C\* (Pureza) y H (Hue angle) entre cada tratamiento mediante un gráfico cromático (a\*, b\*) (Talens, 2018).

### **Evaluación Sensorial.**

Se realizó una evaluación sensorial afectiva con una prueba de aceptación y preferencia. Se contó con la participación de 100 panelistas no entrenados y se realizaron en tres repeticiones. A cada panelista se le entregó una boleta de evaluación, donde se brindaron las instrucciones sobre la evaluación de las muestras. Las muestras fueron codificadas con un código de tres dígitos, y servidas en un plato. A los panelistas se les presentaron cuatro muestras según lo establecido en (Cuadro 1), el orden de presentación fue aleatorio y equilibrado. Se les pidió a los panelistas que evaluaran los atributos de apariencia, brillo, textura, sabor, pos-gusto y aceptación general, con ayuda de una escala hedónica de 9 puntos, siendo 1 me disgusta mucho, 5 indiferente y 9 me gusta mucho. Además, se les solicitó ordenar las muestras en orden de preferencia, siendo 1 la más preferida y 4 la menos preferida, no podían asignar el mismo valor a varias muestras (empate).

### **Etiqueta Nutricional.**

Se realizaron etiquetas nutricionales para cada uno de los tratamientos. Las etiquetas de desarrollaron con el software “Genesis Food Development and Labeling” en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano. Posteriormente, se compararon los resultados y se generaron discusiones sobre la disminución calórica, expresada como disminución de azúcares totales en la etiqueta nutricional, y el incremento de fibra, expresado como fibra dietética en la etiqueta nutricional.

### **Análisis Estadístico**

Para la Fase 1 se realizó una valuación estadística descriptiva, en la cual, se utilizaron 3 repeticiones por análisis de caracterización de la HCP. Para la Fase 2, en la evaluación de preferencia se utilizó el “valor crítico de diferencia entre suma de categorías” propuesto por Liria Domínguez (2007). Del mismo modo, se realizó un Análisis de Varianza (ANDEVA) para la evaluación de sensorial de aceptación del producto utilizando el programa InfoStat. Se determinó la probabilidad del modelo, además de una separación de medias con la prueba Duncan con un 95% de probabilidad ( $Pr < 0.05$ ). Para determinar cuál fue el mejor tratamiento según las características sensoriales

escogidas por los panelistas. Del mismo modo, se realizó un análisis de correlación para identificar cual fue el atributo que mayor impacto tuvo en la aceptación general del chocolate más aceptado por parte de los panelistas.

## Resultados y Discusión

### Fase 1

#### *Elaboración y Caracterización de la Harina de Cáscara de Pitahaya*

La elaboración de harina a partir de cáscara (coproducto), implica un proceso cuidadoso en el que se consideraron varios factores clave, como el rendimiento, la granulometría, el contenido de humedad, el color, y la capacidad antioxidante. Estos elementos son fundamentales para asegurar la calidad del producto final, especialmente en aplicaciones como la incorporación de harina de pitahaya en productos alimenticios, donde sus características pueden influir significativamente en la textura, el sabor y la estabilidad del producto. Además, la cáscara de pitahaya, rica en fibra cruda, ofrece beneficios adicionales para la salud, lo que refuerza su potencial como ingrediente funcional en la industria alimentaria. A continuación, se muestran los resultados obtenidos de la caracterización de la HCP.

#### **Rendimiento.**

En el proceso de elaboración de harinas uno de los parámetros más importantes a tomar en consideración es el rendimiento. Para el caso de una harina proveniente de un fruto con alto porcentaje de humedad, así como la pitahaya (Cueva Calle, 2020), es necesario considerar que este no será tan alto y que puede requerir de un largo proceso de deshidratado (Ceballos Peñaloza, 2008). El peso promedio por pitahaya obtenido fue de 355.22 gramos (Cuadro 2).

## Cuadro 2

### Resultados Caracterización de HCP

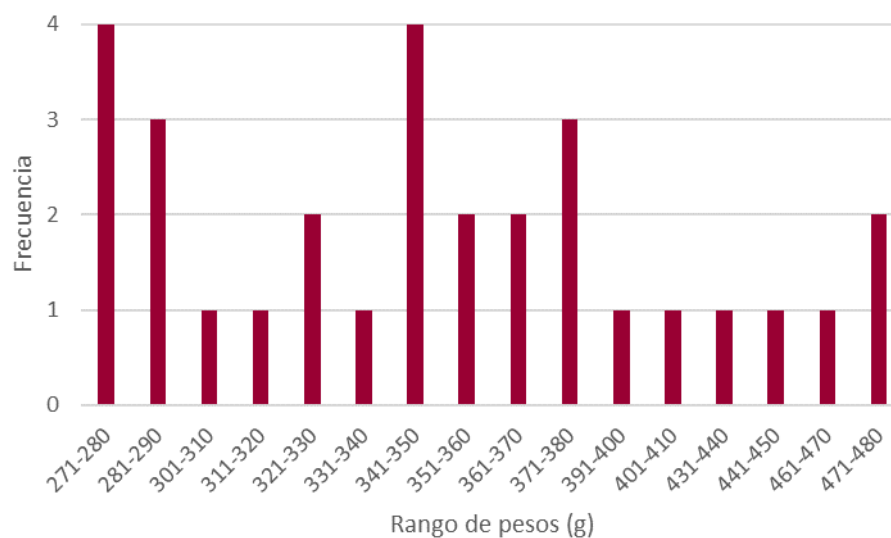
Componente		Media $\pm$ D.E.
Rendimiento	Peso Pitahayas (g)	355.22 $\pm$ 61.3
	Peso cáscaras deshidratadas (g)	13.54 $\pm$ 0.57
	Rendimiento (%)	3.8% $\pm$ 0.54%
Granulometría	No.10(1.9mm) 15%	65% $\pm$ 3.01%
	No.20(840 $\mu$ m) 34.50%	
	No.30(590 $\mu$ m) 15%	
Contenido de Humedad		8.55% $\pm$ 1.5%
Colorimetría	L	33.93 $\pm$ 8.65
	a	26.02 $\pm$ 4.97
	b	13.39 $\pm$ 4.03
	Hue	27.24 $\pm$ 6.47
	Croma	29.45 $\pm$ 5.48
Capacidad Antioxidante	% Inhibición	37.61% $\pm$ 2.2%
	Concentración (mMol)	2.98 $\pm$ 0.06
Fibra cruda		65.3% $\pm$ 1.8%

*Nota.* Se utilizaron 100 pitahayas que se encontraban en un grado de madurez óptimo (coloración uniforme y firmeza media).

Dado que el producto no pudo ser escogido desde su cosecha y, a pesar de que todas las frutas contaban con el mismo estado de maduración, presentaron altos índices de variación en los resultados de peso (Figura 1). Sin embargo, la mayoría de las pitahayas presentaron un peso entre 270 a 380 gramos.

### Figura 1

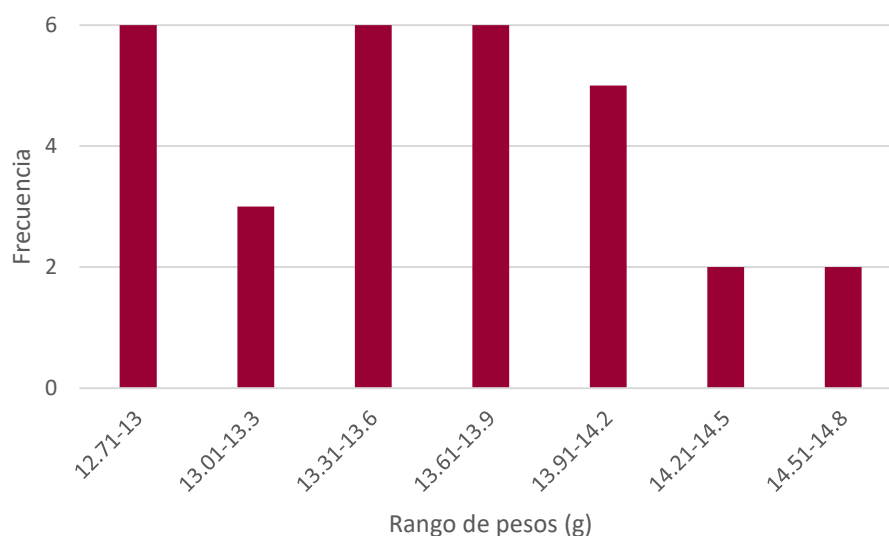
Resultados de la frecuencia de pesos de 30 pitahayas pesadas en 3 repeticiones.



Del mismo modo, se registraron los pesos de los trozos de cáscara al salir del deshidratador. Pudo observarse que las muestras habían encogido drásticamente su tamaño inicial y se tornaron de un color más oscuro. El peso promedio por cáscara seca de pitahaya fue de 13.54 gramos (Cuadro 2). Arriba del 70% de las cáscaras de pitahaya secas pesaron entre 12 y 14 gramos (Figura 2), por lo tanto, se determinó que el rendimiento promedio por pitahaya fue del 3.8%.

### Figura 2

Resultados de rangos de pesos de trozos de cáscara de pitahaya deshidratada.



### Granulometría.

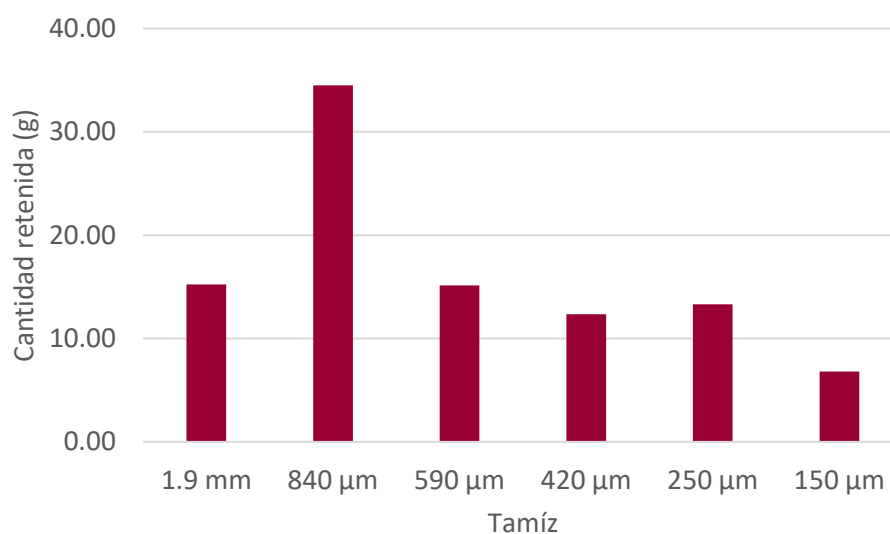
La inclusión de una harina en la elaboración de chocolate es una propiedad de suma importancia ya que la harina puede influir en la calidad y palatabilidad de éste. Del mismo modo, la harina puede afectar su textura y digestibilidad si no se agrega en concentraciones adecuadas, ya que, podría generar grumos y causar problemas al masticarlo (Dussán-Sarria et al., 2019).

Los resultados de granulometría de la HCP (Figura 3) demostraron que la mayor parte de harina quedó retenida en los primeros tres tamices; con medidas de 1.9 mm (No. 10), 840  $\mu\text{m}$  (No. 20) y 590  $\mu\text{m}$  (No. 30). Siendo el segundo tamiz (840  $\mu\text{m}$ ) el que mayor cantidad de harina retuvo (34.5%) (Cuadro 2). Esto difiere con lo reportado por Pascual-Chagman y Encina-Zelada (2022) y Díaz Ortiz (2022), quienes encontraron valores de retención superiores en tamices de 425  $\mu\text{m}$  y 212  $\mu\text{m}$ , en harinas hechas de cáscaras de naranja, manzana y mango, respectivamente. Del mismo modo,

aproximadamente un 65% de la harina fue retenida por los primeros tres tamices. Esta diferencia con otros estudios pudo deberse principalmente a la tecnología utilizada para elaborar harinas (p.e. separación de cuchillas de molinos y tamices disponibles).

### Figura 3

*Resultados de prueba de granulometría de harina de cáscara de pitahaya.*



*Nota.* No. De Tamiz: 10 (1.9 mm); 20 (840 µm); 30 (590 µm); 40 (420 µm); 60 (250 µm); 100 (150 µm).

### Contenido de Humedad.

El contenido de humedad es un atributo de suma importancia en el procesamiento de alimentos. Desde el punto de vista de inocuidad, el contenido de humedad en un alimento puede determinar si este será o no propenso al ataque de microorganismos. Como lo pudo comprobar Cueva Calle (2020) e Inga Valqui (2022), el proceso de deshidratado o secado por convección de las pitahayas permiten conservar de mejor forma dicha fruta; esto ante la posible colonización de microorganismos como aerobios totales, mohos y levaduras.

El análisis de humedad realizado otorgó un promedio de 8.55%, lo cual, concuerda con los datos obtenidos por los autores antes mencionados e indica que dicha harina tiene una alta probabilidad de no ser afectada por microorganismos que la degraden o generen un riesgo para los consumidores (Cuadro 2). Se observó que el porcentaje de humedad no sobrepasa el 10% en la

harina. Por lo tanto, puede inferirse que, según lo expuesto en el Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA, 2009) y en el libro de Forsythe (2013) "The Microbiology of Safe Food", el bajo contenido de humedad en este alimento es crucial para impedir el desarrollo de la mayoría de las bacterias y hongos formadores de toxinas que causan deterioro en productos almacenados a temperatura ambiente y enfermedades.

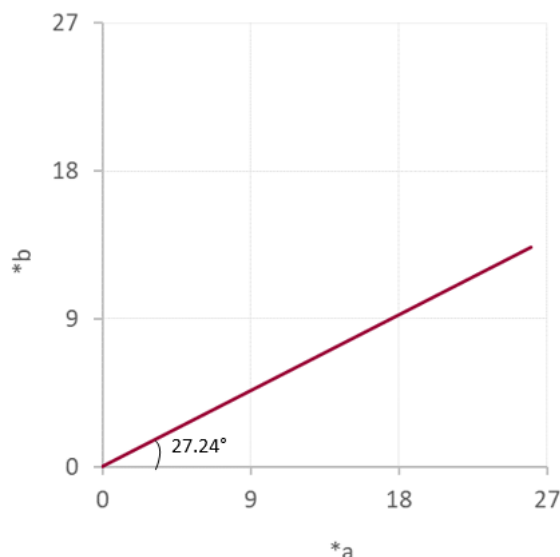
Del mismo modo, Aguiar Novillo y Uvidia Cabadiana (2022) determinaron que el mejor método para deshidratar pitahaya es por convección, gracias a sus bajos costos y facilidad de aplicación. Además, encontraron que este proceso conserva de mejor forma la fruta ante la acción de microorganismos como hongos, mohos y levaduras.

#### **Colorimetría.**

El valor de pureza de la HCP indicó una coloración intensa y saturada. Además, el valor de  $a^*$  indicó mayor predominio del rojo más intenso. Finalmente, el valor de  $b^*$  sugiere una presencia moderada de amarillo (Figura 4). Se destacó también que, el ángulo de matiz ( $27.24^\circ$ ) indica que el color se inclinó más hacia el rojo-anaranjado. Esquivel y Araya Quesada (2012) indican que la pitahaya es rica en compuestos como betacianinas, los cuales, son responsables de la coloración rojiza e intensa de esta. El valor del croma de la cáscara de pitahaya fresca se encuentra en un rango de 35 a 40 (Figura 4), así como lo indicó Corrales García (2002), quien obtuvo un valor de 38.1. Sin embargo, luego del proceso de deshidratación al que se sometió la cáscara de pitahaya, se percibió un valor del croma de 29.45, esto puede deberse a la degradación leve de pigmentos como las betacianinas presentes en la cáscara. Del mismo modo, pudo observarse como el proceso de deshidratado logró intensificar el color y disminuir la luminosidad de la cáscara de pitahaya, al obtener un valor de CIE  $L^*$  de 34 (Cuadro 2).

**Figura 4**

*Resultados de colorimetría para harina de cáscara de pitahaya.*



*Nota.* Las letras a\* y b\* hacen referencia al plano cromático en el espacio CIEL\*a\*b

#### **Capacidad Antioxidante.**

Los radicales libres son moléculas altamente reactivas que pueden tener efectos nocivos significativos en el cuerpo humano. Estos radicales, al interactuar con los lípidos, especialmente aquellos ricos en ácidos grasos poliinsaturados pueden comprometer la estructura de las membranas celulares, lo que resulta en un aumento de la permeabilidad de la membrana y, eventualmente, en la muerte celular (Teves Meza y Torres Apaza, 2011). Este proceso oxidativo no solo afecta a los lípidos, sino que también puede oxidar grupos de aminoácidos esenciales como la fenilalanina, la histidina y la metionina, alterando así la funcionalidad de las proteínas vitales (Venereo Gutiérrez, Cap. Justo R., 2002).

Sin embargo, el cuerpo humano cuenta con mecanismos de defensa naturales contra el daño oxidativo. Entre estos, los compuestos antioxidantes, como los flavonoides, saponinas, y terpenoides, juegan un papel crucial en la neutralización de los radicales libres. Estos antioxidantes no solo inhiben la propagación de reacciones oxidativas, sino que también poseen propiedades antiinflamatorias que contribuyen a la prevención de daños celulares y enfermedades crónicas. Al reducir el estrés oxidativo y la inflamación, estos compuestos actúan como protectores clave para

mantener la integridad celular y la salud general del organismo (Flores Vásquez y García-Vieyra, 2016).

En este estudio, los resultados de la capacidad captadora de radicales libres de la pitahaya mostraron un porcentaje de inhibición promedio de 37.61%, lo cual es indicativo de una actividad antioxidante significativa (Cuadro 2). Este valor es consistente con los hallazgos de Flores Vásquez y García-Vieyra (2016), quienes reportaron una capacidad antioxidante en un rango entre 36.5 y 54.89% para la pitahaya. Del mismo modo, se obtuvo una concentración de 2.98 mMol, lo cual indica que, por cada gramo de muestra, se inhiben 2.98 mMol de radicales libres, expresados como ácido gálico. Cuando se compara con otros alimentos ricos en antioxidantes, como el té verde o cítricos, que contienen compuestos como catequinas, antocianinas y vitamina C, se observa que, aunque el mecanismo de trabajo es similar (neutralización de radicales libres), los tipos de antioxidantes y su eficacia pueden variar considerablemente. Por ejemplo, las catequinas en el té verde tienen una estructura química que les permite unirse a los radicales libres con gran eficiencia (Rivera Loja et al., 2016). Del mismo modo, Jiménez Monreal et al. (2012) indicaron en su estudio valores superiores al 50% de inhibición de radicales libres en una bebida de café. Por lo tanto, es evidente que este coproducto posee un alto potencial para ser revalorizado.

Al analizar los resultados de este estudio, es evidente que la actividad antioxidante de la pitahaya se asemeja a la de otros alimentos antioxidantes en su capacidad para mitigar el daño oxidativo, lo que subraya su potencial como un alimento funcional en la promoción de la salud.

#### **Fibra cruda.**

La cáscara de pitahaya contiene un porcentaje significativo de fibra cruda. En su mayoría, la fibra presente en la pitahaya roja es insoluble. Algunos carbohidratos presentes en la cáscara de pitahaya son la celulosa (polisacárido) y lignina (polímero), las cuales, son consideradas agentes de carga hidrofílicos. Esto que significa que tienen la capacidad de absorber y retener agua, por lo

tanto, permiten que las heces se vuelvan más blandas, facilitando su paso a través del tracto intestinal y evitando el estreñimiento (Encinas Echeverría, 2016). Además, sus estructuras son fuertes y rígidas debido a su permeabilidad. Por otra parte, la hemicelulosa presente en la cáscara de pitahaya es un polisacárido complejo. Está compuesto por diferentes tipos de azúcares que se encuentran unidos en una estructura ramificada. La hemicelulosa es una fibra soluble que permite mejorar la salud intestinal ralentizando el vaciamiento gástrico y aumentando el tiempo de absorción de nutrientes en el intestino. Lo cual, permite mantener los niveles de glucosa estables en la sangre y reducir la absorción de grasas y colesterol (Figuroa Zavala, 2016; Ramírez Cardona y Arrubla Vélez, s.f). En la cáscara de pitahaya roja, la cantidad presente de fibra dietética total se encuentra alrededor del 50 a 70%, según lo reportado por y Olivera Garay (2023). Lo cual, concuerda con los resultados obtenidos, ya que, el valor obtenido de fibra cruda en promedio fue de 65.3% (Cuadro 2).

## **Fase 2**

### ***Elaboración de chocolate***

Para desarrollar un chocolate con inclusión de harina, disminución de su contenido de azúcar, y al mismo tiempo, garantizar su alta calidad y aceptación, es esencial controlar varios factores clave. La granulometría debe gestionarse para evitar grumos que afecten la textura. El contenido de humedad es crucial para la estabilidad de las grasas del cacao y la calidad microbiológica. Además, colores brillantes mejoran la apariencia visual, y la inclusión de fibra y antioxidantes añade valor por sus beneficios a la salud.

#### **Colorimetría.**

Inicialmente, se observó que la HCP presentó un valor de croma de 29.27, lo que indica una alta pureza y saturación de color. La HCP obtuvo un ángulo (Hue) de 27.24, situándose en una tonalidad rojiza, la cual, es una característica de la presencia de betacianinas y pigmentos antioxidantes como fenoles responsables del color rojo intenso de la pitahaya (Ahumada Pérez,

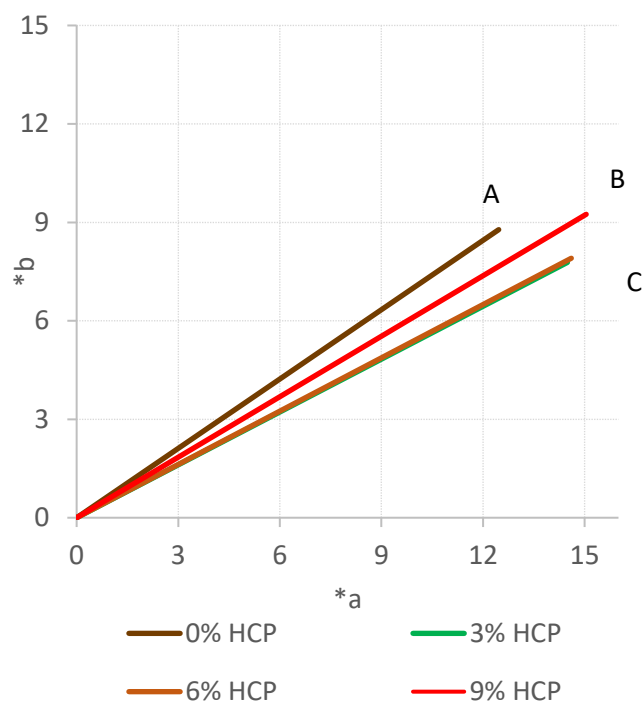
2016; García-Cruz et al., 2012). Al comparar estos valores con el chocolate sin adición de harina de cáscara de pitahaya (control), se observa un croma de 15.24 y un ángulo de tono de 35.16, lo que refleja una tonalidad más cercana al amarillo, característica predominante debido a los pigmentos naturales (flavonoides) presentes en el cacao (Durá Esteve, 2016) (Figura 5).

A medida que se incrementa el porcentaje de HCP en el chocolate, se observa una tendencia hacia tonalidades más rojizas. En el tratamiento con un 3% de HCP, el croma aumentó a 16.44, y el ángulo de tono disminuyó a 28.23, acercándose al rojo en comparación con el control. Este patrón continúa en el tratamiento con un 6% de HCP, donde el croma aumentó ligeramente a 16.61 y el ángulo se mantuvo muy cercano al anterior (28.43), mostrando una tonalidad levemente más rojiza a la anterior. Finalmente, con un 9% de HCP, el croma alcanzó los 17.66, y el ángulo de tono aumentó a 31.57, manteniendo la tendencia hacia tonos rojos, pero con una mayor saturación de color presente en el chocolate.

En cuanto a los valores CIELab\*, la harina de cáscara de pitahaya mostró coordenadas L\* de 33.94, a\* de 26.02, y b\* de 13.40, lo que indica un color claro con un predominio de tonalidades rojas y amarillas. El chocolate sin adición de harina presentó valores de L\* de 26.44, a\* de 12.46, y b\* de 8.78, reflejando un color más oscuro y menos saturado. Con la adición de harina, el chocolate con un 3% mostró un ligero aumento en a\* (14.49) y una disminución en b\* (7.78), sugiriendo un aumento en la saturación del color rojo. Este patrón continuó en los tratamientos con un 6% y 9% de harina, donde se observó un incremento progresivo en a\* y una ligera variación en b\*, indicando una mayor tendencia hacia el rojo.

## **Figura 5**

*Resultados de colorimetría para chocolates con inclusión de harina de cáscara de pitahaya a diferentes concentraciones.*



*Nota.* Medias con letras mayúsculas diferentes indican diferencias significativas ( $Pr < 0.05$ )

### ***Evaluación Sensorial***

Se obtuvieron valores promedio con un mínimo de 5.72 y valor máximo de 7.56 en la escala hedónica en la evaluación sensorial. Por lo tanto, pudo comprobarse que existió un buen nivel de aceptación sin importar el nivel de inclusión de HCP. A su vez, se obtuvieron comentarios en las boletas de evaluación con buen nivel de aceptación por parte de los panelistas. Estos resultados positivos indican que la inclusión de HCP es viable, ya que se mantuvo un buen nivel de aceptación general, incluso con la adición de este ingrediente.

Es importante aclarar que no se les informó a los panelistas que se encontraban degustando un chocolate con características de un alimento funcional. Sin embargo, es posible que dicha aclaración hubiese contribuido positivamente a la valoración que cada panelista pudo haber generado hacia el producto.

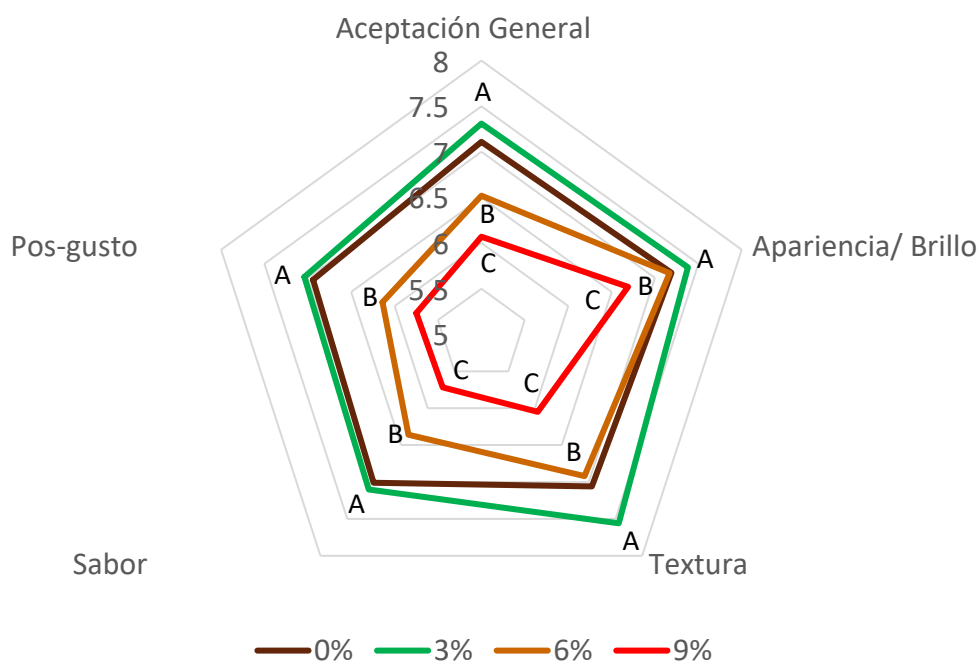
**Aceptación General.**

No se observaron diferencias significativas entre los atributos sabor, pos-gusto y aceptación general para los tratamientos con 0% y 3% de HCP (Figura 6). Esto verifica la viabilidad del estudio, al incluir HCP en un chocolate, puesto que, los panelistas presentaron un buen nivel de aceptación tanto para un chocolate tradicional, como uno de los desarrollado en este estudio. Se observó también que, el chocolate que tuvo una separación de medias consistente, dentro de todo el estudio realizado, fue el tratamiento con 3% de HCP. Es decir, dicha inclusión se encontró siempre en la primera calificación de la separación de medias Duncan. Del mismo modo, se observó una valoración equilibrada en todos los atributos para el control.

Por otro lado, como consecuencia de haber realizado un tratamiento con un alto porcentaje de HCP (9%), pudo observarse como obtuvo en todos los atributos la menor calificación de separación de medias. Esto sin duda se debe a que las propiedades organolépticas del chocolate se vieron alteradas, generando sabores y sensaciones no esperadas en un chocolate según algunos comentarios realizados por los panelistas en las boletas de evaluación.

**Figura 6**

*Resultados de la Evaluación Sensorial para Atributos de Apariencia/Brillo, Textura, Sabor, Pos-gusto y Aceptación General.*



Nota. Los valores comprendidos entre 5 y 8 pertenecen a la escala hedónica: 1 (me disgusta mucho), 2 (me disgusta moderadamente), 3 (me disgusta), 4 (me disgusta poco), 5 (ni me gusta ni disgusta), 6 (me gusta poco), 7 (me gusta), 8 (me gusta moderadamente), 9 (me gusta mucho).

### **Apariencia/Brillo.**

La apariencia es un factor clave en la primera impresión de un alimento. En este caso, el brillo en un chocolate genera en el consumidor una idea de la calidad de este. Martínez et al. (2013) lograron identificar en su investigación que pequeñas modificaciones en la apariencia de un producto alimenticio influía en la toma de decisiones y, por lo tanto, en la conducta alimentarias de los consumidores. De acuerdo con los resultados presentados (Figura 6), se observó que los tratamientos evaluados fueron estadísticamente diferentes ( $P < 0.05$ ). El tratamiento que presentó una media mayor (7.38) en la escala hedónica fue el tratamiento con 3% de HCP. El brillo en un chocolate se genera principalmente por un buen proceso de temperado, así como acuerdan (Pérez

Lara, 2006; Yi Chang, 2017). Este es un procedimiento indispensable en la producción de un chocolate de calidad y pudo reflejarse en la evaluación sensorial, que fue realizado de manera correcta. Perez y Yi

Es importante mencionar que todos los tratamientos presentaron buena aceptación por parte de los panelistas. Sin embargo, se observó una menor aceptación hacia el tratamiento 9% de HCP, el cual, obtuvo la menor calificación (Cuadro 2). Esto podría deberse a que las partículas de harina no permitieron un buen desarrollo de los cristales de grasa, que otorgan brillo al chocolate.

### **Textura.**

La textura es uno de los primeros atributos a detectar cuando se prueba un chocolate. Una buena textura en un chocolate se ve reflejada por un buen proceso de fermentado, tostado, atemperado y conchado, en donde, se formaron y desformaron correctamente los cristales dentro del chocolate (Guerrero et al., 2012). El tratamiento con 3% de HCP obtuvo una media mayor en la evaluación sensorial para el atributo de textura (7.56) (Figura 6). La harina pudo haber aportado una sutil complejidad y una textura agradable sin alterar significativamente las demás características de dicho chocolate. La pitahaya, al incluir fibra al chocolate, contribuyó a una ligera mejora en la textura de este. Esto se debe a que los carbohidratos, incluyendo las fibras solubles de la pitahaya, pueden interactuar con las grasas del chocolate para generar una matriz más cohesiva. Se demostró que, en cantidades pequeñas, las fibras pueden aportar una textura más agradable sin comprometer los atributos fundamentales del chocolate, así como su capacidad de fundirse en la boca.

Por otra parte, el tratamiento 9% de HCP obtuvo la menor calificación en la separación de medias (6.05), puesto que ocurrió un fenómeno al mezclar la HCP con la grasa del chocolate y ser ingerido por los panelistas. A este fenómeno se le denomina gelificación, y se presenta cuando la fibra se encuentra con la humedad en un ambiente favorable para que estas se unan (Rodas Huamán, 2023). Esto genera una alta viscosidad y, en el caso de un chocolate, disgusto y dificultad en continuar masticándolo. Lo cual, concuerda con los comentarios que los panelistas escribieron en

varias de las hojas de la evaluación sensorial. Del mismo modo, impide que este se derrita con normalidad y arruina la experiencia del consumidor.

Esto fue comprobado por Rodas Huamán (2023), quien estableció en su estudio que a un valor mayor de la CMG (Concentración Mínima de Gelificación), es necesaria una mayor cantidad de harina para formar un gel (sensación viscosa). Sin embargo, cuanto menor es la CMG, la capacidad gelificante de la harina aumenta. En el caso de la pitahaya, Rodas demostró que su CMG es de 8%. Esto concuerda con el tratamiento 9% de HCP, donde, la inclusión al chocolate fue superior a su CMG.

Por otra parte, un estudio llevado a cabo en la empresa PICSA, S.A., el cual, tuvo como objetivo analizar la incidencia del tamaño de partícula de sacarosa desglaseada en la maduración de chocolates oscuros, demostró que la reducción del tamaño de partícula de 500 a 250  $\mu\text{m}$  en dicho ingrediente mejora las condiciones tanto productivas como de rendimiento del chocolate (Sánchez Alvarez, 2014). Otro estudio llevado a cabo por Castañeda Serna (2020) determinó que la inclusión de harinas de avena y amaranto en tamaños de partículas de 180 a 250  $\mu\text{m}$  en bebidas de chocolate permiten una mejor aceptación por los panelistas hacia el producto. Esto puede contribuir a explicar por qué el chocolate con mayor inclusión de harina de pitahaya obtuvo una calificación baja, en comparación a los demás tratamientos.

### **Sabor.**

Como se mostró en la Figura 6, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos 0% y 3% de HCP ( $Pr > 0.05$ ). Esto permite sugerir que la inclusión de una pequeña cantidad de HCP es aceptable para el consumidor como se comprobó en la prueba de preferencia anteriormente. Según algunos comentarios hechos por los panelistas, el tratamiento con menor inclusión de HCP, presentaba una leve sensación a cítrico o fruta, lo cual, los llevó a escoger dicho tratamiento sobre los otros en algunas ocasiones.

Sin embargo, a medida que la concentración de harina aumentaba, las propiedades organolépticas del chocolate se vieron comprometidas. El tratamiento con menor calificación en la separación de medias fue el que tenía una mayor inclusión de HCP y obtuvo una media de 5.72. La concentración excesiva de harina afectó negativamente el atributo de sabor del chocolate, según lo reportado por los panelistas. En base a algunos comentarios descritos en la boleta de evaluación pudo definirse que las altas concentraciones de pitahaya incluyeron un sabor fuerte y desagradable. Esto pudo deberse a la sensación demasiado viscosa que les generó dicho tratamiento. Este resultado tiene una alta relación con lo expuesto en el atributo de textura. Este nivel de aceptación no tan alto pudo deberse al fenómeno de gelificación mencionado anteriormente, donde se indicó que la alta capacidad de retención de humedad de los carbohidratos conlleva a una gelificación no deseada en conjunto a la grasa del chocolate.

#### **Pos-gusto.**

No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos 0% y 3% de HCP ( $Pr > 0.05$ ). Por otra parte, si fueron diferentes estadísticamente a los tratamientos que incluían mayores concentraciones de HCP ( $Pr < 0.05$ ) (Figura 6). Según algunas investigaciones (Martínez A. et al., 2008), un alto porcentaje de inclusión de fibra proveniente de la cáscara de naranja genera un sabor residual o pos-gusto amargo en los panelistas y, gracias a esto, rechazo por parte de ellos. Esto pudo compararse al resultado obtenido en el tratamiento con mayor inclusión de HCP, ya que la media obtenida de la escala hedónica fue de 5.75. También, se observó que hubo una influencia negativa en la percepción de los panelistas a quienes se les sirvió primero el tratamiento con 9% de HCP, es decir, ocurrió un sesgo en la evaluación del resto de muestras debido a su mala experiencia con la primera (Liria Domínguez, 2007).

#### ***Prueba de Preferencia***

En la prueba de preferencia se logró identificar que el tratamiento con inclusión de 3% de HCP fue el más aceptado, debido a que obtuvo una menor puntuación según el cuadro “valor crítico

de diferencia entre suma de categorías” de Basker y Kramer de (Liria Domínguez, 2007) (Cuadro 4). Del mismo modo, no se presentaron diferencias entre los tratamientos 0% y 3% de HCP entre ellos, lo cual, indica que los productos comparados son igualmente preferidos. Por otra parte, pudo identificarse que los tratamientos 6% y 9% presentaron ser diferentes en preferencia al tratamiento 3% de HCP. Estos resultados contribuyen a identificar que el tratamiento de 3% HCP fue ampliamente aceptado por los panelistas y avala la utilización de coproductos de pitahaya en desarrollo de chocolates.

### Cuadro 3

#### *Resultados de prueba de preferencia*

Tratamientos		0%	3%	6%	9%
Suma de Categorías		205	191	318	287
0%	205	0	14	-113	-82
3%	191	-14	0	-127	-96
6%	318	113	127	0	31
9%	287	82	96	-31	0

*Nota.* Valor crítico por Tabla de Prueba de Basker y Kramer “Valor crítico de diferencia entre suma de categorías”, 33.1 Si el valor absoluto de suma de categorías es menor, no hay diferencia y los productos comparados son igualmente preferidos. Si el valor absoluto de suma de categorías es mayor, hay diferencia y los productos comparados son diferentes en preferencia.

### **Etiqueta Nutricional**

Se generaron etiquetas nutricionales para todos los tratamientos evaluados, en función de discutir y validar la inclusión de HCP al chocolate Zamorano. Se compararon los datos entre etiquetas y se generó una discusión en base a la disminución calórica e incremento de fibra gracias a la inclusión de HCP.

#### ***Disminución Calórica e Incremento de Fibra***

El chocolate Zamorano con 70% de cacao reportó en su etiqueta nueve gramos de azúcar por cada 100 gramos de producto, equivalentes al 18% del VD recomendado (Cuadro 5). En cambio, el chocolate con inclusión de 3% de HCP presentó 8 gramos de azúcar por cada 100 gramos de

producto; una disminución calórica de un gramo de azúcar equivalente a una disminución calórica de 5.5%. Dicha disminución se continuó observando en los demás tratamientos. Para la inclusión de 6% de HCP la etiqueta reportó siete gramos de azúcar por cada 100 gramos de producto; una disminución calórica de dos gramos de azúcar, equivalente a una disminución calórica del 5.5%. Finalmente, el tratamiento con mayor inclusión de HCP (9%) reportó seis gramos de azúcar por cada 100 gramos de producto; una disminución de tres gramos de azúcar, equivalente a 11%.

#### Cuadro 4

*Cálculo Disminución calórica a chocolates con inclusión de HCP*

Tratamientos	Azúcares totales (g)	Disminución calórica (%)	Porcentaje de reducción de azúcar
Chocolate Zamorano	9	N/A	N/A
3% HCP	8	5.5%	11%
6% HCP	7	5.5%	22%
9% HCP	6	11%	33%

Lo anterior, permitió establecer que el tratamiento con mayor inclusión de HCP pudo clasificarse como un producto “ligero” o “reducido” en azúcar según lo establecido por el etiquetado nutricional del Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA, 2012).

Por otra parte, el chocolate Zamorano con 70% de cacao también reportó en su etiqueta cuatro gramos de fibra por cada 100 gramos de producto, equivalente a un 14% del VD recomendado (Cuadro 6). Sin embargo, tras la adición del 3% de HCP se obtuvo un incremento de un gramo de fibra, equivalente al 18% del VD. Además, las adiciones del 6% y 9% de HCP lograron incrementar dos gramos de fibra, equivalente al 21% del VD.

#### Cuadro 5

*Cálculo de Incremento de fibra a chocolates con inclusión de HCP*

Tratamientos	Fibra dietética (g)	Aumento de fibra dietética (g)	Equivalente en %VD
Chocolate Zamorano	4	N/A	16%

3% HCP	5	1	20%
6% HCP	6	2	24%
9% HCP	6	2	24%

---

El chocolate Zamorano con 70% de cacao reportó en su etiqueta cuatro gramos de fibra por cada 100 gramos de producto, equivalente a un 14% del VD recomendado. Sin embargo, tras la adición del 3% de HCP se obtuvo un incremento de un gramo de fibra, equivalente al 18% del VD. Además, las adiciones del 6% y 9% de HCP lograron incrementar dos gramos de fibra, equivalente al 21% del VD.

A pesar de que el chocolate Zamorano fue clasificado como una "fuente" de fibra según el (RTCA, 2012), las inclusiones del 6% y 9% de HCP incrementaron el contenido de fibra en 2 gramos, lo que permitió que fuera reconocido como una "excelente fuente" de fibra. Aunque la inclusión del 3% no alcanzó esta clasificación, su potencial en la industria alimentaria es evidente.

### **Conclusiones**

El rendimiento, contenido de humedad y color presentaron resultados positivos y esperados en la HCP. Sin embargo, el tamaño de partícula obtenido fue demasiado elevado. No obstante, se verificó el contenido de compuestos beneficiosos para la salud en la HCP.

El chocolate con mayor aceptación y preferencia, en la evaluación sensorial, fue la inclusión con 3% de HCP.

El chocolate con inclusión de HCP presentó una coloración levemente más rojiza. Además, las inclusiones de 6% y 9% fueron declarados “excelente fuente” de fibra. Del mismo modo, la inclusión con 9% se declaró “reducido en” azúcar.

### **Recomendaciones**

Evaluar otros componentes como fenoles y carbohidratos presentes en la cáscara de pitahaya.

Realizar un estudio con mayor número de tratamientos que oscilen dentro del rango de 3% a 6% de adición de HCP para determinar la mejor concentración a incluir en un chocolate.

Reducir el tamaño de partícula en la HCP para identificar si eso permite aportar una mayor cantidad en chocolate.

Desarrollar un chocolate con inclusión suficiente de este u otro coproducto para reducir el exceso de azúcar presente en el chocolate.

### Referencias

- Abasto (2012, 4 de noviembre). Ranking de Chocolates Más Vendidos. *Abasto*.  
<https://abasto.com/noticias/ranking-de-chocolates-mas-vendidos/>
- Aguiar Novillo, S. y Uvidia Cabadiana, H. (2022). *Pitahaya deshidratada, una alternativa de generar economía local (cantón Palora-Provincia Morona Santiago)* (12) [Tesis, Universidad Estatal Amazónica, Ecuador]. CrossRef.
- Ahumada Pérez, G. (2016). *Diseño y caracterización de películas comestibles con actividad antioxidante utilizando materiales no convencionales* [Tesis]. Instituto Politécnico Nacional, México.  
<https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/25047/GUADALUPE%20AHUMADA%20P%C3%89REZ.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- American Oil Chemists' Society (2011). Crude Fiber Analysis in Feeds by Filter Bag Technique. AOCs.  
<https://7157e75ac0509b6a8f5c-5b19c577d01b9ccfe75d2f9e4b17ab55.ssl.cf1.rackcdn.com/JFCSWRAG-PDF-1-422536-4428457257.pdf>
- Babio, N., Casas Agustench, P. y Salas Salvadó, J. (2020). Alimentos Ultraprocesados: Revisión crítica, limitaciones del concepto y posible uso en la salud pública. *Pere Virgili Institute for Healthcare Research (IISPV)*.  
[https://www.nutricio.urv.cat/media/upload/domain\\_1498/imatges/lilibres/ULTRAPROCESADOS%2021-06.pdf](https://www.nutricio.urv.cat/media/upload/domain_1498/imatges/lilibres/ULTRAPROCESADOS%2021-06.pdf)
- Castañeda Serna, A. J. (2020). *Caracterización de harinas de avena y amaranto: estudio del tamaño de partícula y proporción para la formulación de productos alimentarios funcionales* [Tesis]. Instituto Politécnico Nacional, México.  
<https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/32099/A180591%20AURA%20JAZMIN%20CASTA%20C3%91EDA%20SERNA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ceballos Peñaloza, A. M. (2008). *Estudio comparativo de tres sistemas de secado para la producción de un polvo deshidratado de fruta* [Tesis]. Universidad Nacional de Colombia sede Manizales, Colombia.  
<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/2687/adelaMariaceballospenaloz.2008.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Corrales García, J. (2002). Caracterización, poscosecha e industrialización de pitayas y pitahayas. *CIESTAAM(65)*. <https://repositorio.chapingo.edu.mx/server/api/core/bitstreams/5abe9475-3611-4d2a-91da-7147565600b7/content>
- Cueva Calle, R. M. (2020). *Evaluación de las propiedades físico químicas y microbiológicas, en la harina de cáscara de pitahaya (Selenicereus undatus (haw) d.r. hunt) para uso de raciones alimenticias de animales* [Tesis, Universidad Estatal Amazónica, Ecuador]. CrossRef.  
<https://repositorio.uea.edu.ec/bitstream/123456789/878/1/T.%20AGROIN.%20B.%20UEA.%20%202116.pdf>
- Díaz Ortiz, A. (2022). *Obtención de harina de cáscara de mango (Mangifera indica L.) para el desarrollo de un producto de panificación con diferentes proporciones a escala laboratorio* [Tesis]. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Durá Esteve, S. (2016). *Estudio del valor nutricional y funcional de cacao en polvo con diferentes grados de alcalinización* [Tesis]. Universitat Politecnica de Valencia, España.  
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/65834/-DUR%20c3%81%20-%20Estudio%20del%20valor%20nutricional%20y%20funcional%20de%20cacao%20en%20polvo%20con%20diferentes%20grados%20de%20alcal...pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Dussán-Sarria, S., Hurtado-Hurtado, D. L. y Camacho-Tamayo, J. H. (2019). Granulometría, Propiedades Funcionales y Propiedades de Color de las Harinas de Quinua y Chontaduro. *Información Tecnológica*, 30(5), 3–10. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000500003>
- Encinas Echeverría. (2016). *Estudio de las propiedades funcionales de nano fibras de celulosa y su aplicación en panificación* [Tesis]. Universidad de Valladolid, España. <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/23012/TFM-L295.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Esquivel, P. y Araya Quesada, Y. (2012). Características del fruto de la pitahaya (*Hylocereus sp.*) y su potencial de uso en la industria alimentaria. *Revista Venezolana De Ciencia Y Tecnología De Alimentos*, 3(1), Artículo 1. <https://sites.google.com/site/1rvcta/v3-n1-2012/r7>
- Figuroa Zavala, J. D. (2016). *Elaboración de postre deslactosado a base de leche cabra con adición de fibra soluble* [Tesis]. Universidad de Guayaquil, Ecuador. <https://repositorio.ug.edu.ec/items/19333f2b-a4bf-43e6-a581-8e2e114b49da>
- Flores Vásquez, J. y García-Vieyra, M. I. (2016). Perfil Fitoquímico y Actividad Antioxidante de Extractos de Pitahaya (*Hylocereus undatus*). *Jovenes En La Ciencia*, 2(1). <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/992/631>
- Forsythe, S. J. (2013). *The Microbiology of Safe Food* (2nd ed.). Wiley.
- García-Cruz, L., Salinas-Moreno, Y. y Valle-Guadarrama, S. (2012). Betalaínas, Compuestos Fenólicos y Actividad Antioxidante en Pitahaya de Mayo (*Stenocereus griseus H.*). *Revista Fitotecnia Mexicana*, 35(Especial\_5), 1. [https://doi.org/10.35196/rfm.2012.especial\\_5.1](https://doi.org/10.35196/rfm.2012.especial_5.1)
- Guerrero, D., Girón, C., Madrid, A., Mogollón, C., Quiroz, C. y Villena, D. (2012). *Diseño de línea de producción de chocolate orgánico* [Tesis]. Universidad de Piura, Perú. [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/89161259/PYT\\_Informe\\_Final\\_CHOCOLATE\\_ORGANICOv1-libre.pdf?1659330522=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DDisen%20de%20la%20linea%20de%20produccion%20de%20choc.pdf&Expires=1725643830&Signature=CV-J~4JH6kN2mTa1FVcUaWzq6KciVBjJW83as3goUiBFvsZVCOWcpDi3rqA-5UeGLCiTR5UMhk2pgMscPLVZ0hPQTff9Rnwlors77LGNDmArviObK60F~6gZKPzbJjeZJGWnoMLMgasCu22rLS4F8tqVHcMcuUFKk8zj9cWHZHkNKTpzLdJPrGBO2UtVNn4dJL~BmqBDsSjVNUonONJoEpwdolfA7Sk~03bRSORuNOHxeHn~yGzdcUloKJVSr54HWGGxCnGxNqXpSz3Uq2pTB2Nhqk79k4caINiHunEgCCLjxLmtnBKdxOCZTFXD6TeLck8eMyqKgfFzL7Tnkg4AhA\\_\\_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/89161259/PYT_Informe_Final_CHOCOLATE_ORGANICOv1-libre.pdf?1659330522=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DDisen%20de%20la%20linea%20de%20produccion%20de%20choc.pdf&Expires=1725643830&Signature=CV-J~4JH6kN2mTa1FVcUaWzq6KciVBjJW83as3goUiBFvsZVCOWcpDi3rqA-5UeGLCiTR5UMhk2pgMscPLVZ0hPQTff9Rnwlors77LGNDmArviObK60F~6gZKPzbJjeZJGWnoMLMgasCu22rLS4F8tqVHcMcuUFKk8zj9cWHZHkNKTpzLdJPrGBO2UtVNn4dJL~BmqBDsSjVNUonONJoEpwdolfA7Sk~03bRSORuNOHxeHn~yGzdcUloKJVSr54HWGGxCnGxNqXpSz3Uq2pTB2Nhqk79k4caINiHunEgCCLjxLmtnBKdxOCZTFXD6TeLck8eMyqKgfFzL7Tnkg4AhA__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)
- Inga Valqui, E. (2022). *Comparación de métodos de deshidratado para obtener la harina de cáscara de dos variedades de pitahaya con potencial bioactivo* [Tesis]. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Perú.
- Jiménez Monreal, A. M., Sánchez Manzanera, M. y Martínez Tomé, M. (2012). Optimización del método captación del radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH) para evaluar actividad antioxidante en bebida de café. *In Anales De Veterinaria De Murcia*, 28(1), 67–78. <https://revistas.um.es/analesvet/article/view/188731>
- Lema, P., Acosta, M. J., Barboza, R., Barrios, S., Camaño, G. y Crosa, M. J. (2017). *Estimación de pérdida y desperdicio de alimentos en el Uruguay: alcance y causas*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). [https://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/FAO-countries/Uruguay/docs/INFORME\\_FINAL\\_-\\_Estimacion\\_de\\_p%C3%A9rdidas\\_y\\_desperdicio\\_de\\_alimentos\\_en\\_Uruguay.pdf](https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/FAO-countries/Uruguay/docs/INFORME_FINAL_-_Estimacion_de_p%C3%A9rdidas_y_desperdicio_de_alimentos_en_Uruguay.pdf)
- Liria Domínguez, M. R. (2007). *Guía para la Evaluación Sensorial de Alimentos*. <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/61102947/Guia-para-la-evaluacion-sensorial-de->

- alimentos20191102-104797-1e28kv-libre.pdf?1572706822=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DGuia\_para\_la\_Evaluacion\_Sensorial\_de\_Ali.pdf&Expires=1725486529&Signature=Dp5dfFK4R397GT8Onsf-  
 lOCiAxyQkYw~7ftMUXynybMR6MXCs2LQlI7UL18eXXwenaX~KebY37KRptT7Df9RDd8R4Qp  
 zn3qbngYazRU14XAMkunuJ9hx~YdOLw446TobWXDy5X1yU539VqJU5xPaTg~qCv5hNLikyVo7  
 eKWEpl4dtDSZ5xBXDDKIPV6LqJod1QfF9i00FjLpgwtUUSxX49Zk1WM8s-  
 LRysle2pE1rLQgl~CWt84qOidk95LPc80aE0Nmo347lpqtyPbza1KJKSl6~Co8iUTKKJpntLE4jKHpi  
 utt3dE35ZlaDyGq0IG6tJivUf9~smXIEB89NBXA\_\_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA
- Martínez, A. G., López-Espinoza, A., Franco-Paredes, K., Díaz, F. y Aguilera, V. (2013). Variedad y apariencia de los alimentos modifican la conducta alimentaria. *Diversitas*, 5(2), 391. <https://doi.org/10.15332/s1794-9998.2009.0002.13>
- Martínez A., O. L., Román M. María O., Gutiérrez E., E. L., Medina M. Gilma B., Cadavid C. Margarita y Flórez A., Ó. A. (2008). Desarrollo y evaluación de un postre lácteo con fibra de naranja. *Vitae, Revista De La Facultad De Química Farmacéutica*, 15(2), 219–225. <http://www.scielo.org.co/pdf/vitae/v15n2/v15n2a03.pdf>
- Martínez Díaz, J. E. (2022). *Desarrollo de una barra de chocolate oscuro con adición de harina de cáscara de mandarina Dancy (Citrus reticulada)* [Proyecto Especial de Graduación]. Escuela Agrícola Panamericana, Honduras. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/c208eba4-1dde-4a15-91a8-1179a7944e70/content>
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2020). *Informe del Desperdicio Alimentario en la Industria y la Distribución en España*. [https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/desperdicio/1informe\\_del\\_desperdicio\\_alimentario\\_en\\_la\\_industria\\_y\\_la\\_distribucion\\_en\\_tcm30-623641.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/desperdicio/1informe_del_desperdicio_alimentario_en_la_industria_y_la_distribucion_en_tcm30-623641.pdf)
- Olivera Garay, P. A. (2023). *Aprovechamiento de la cáscara de pitahaya (Hylocereus undatus) en la elaboración de nuggets vegetal como aporte de fibra para el consumo humano: Trabajo Experimental* [Tesis]. Universidad Agraria del Ecuador, Ecuador. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/OLVERA%20GARAY%20PEDRO%20ANTHONY%20.pdf>
- Organización Panamericana de la Salud. (2019). *Alimentos ultraprocesados ganan más espacio en la mesa de las familias latinoamericanas*. <https://www.paho.org/es/noticias/23-10-2019-alimentos-ultraprocesados-ganan-mas-espacio-mesa-familias-latinoamericanas>
- Pascual-Chagman, G. J. y Encina-Zelada, C. R. (2022). Caracterización de las harinas de trigo (*Triticum aestivum*), y de residuo de naranja (*Citrus x aurantium*) y de manzana (*Malus domestica*) para su aplicación en alimentos. *Agroindustrial Science*, 12(3), 279–286. <https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2022.03.06>
- Pérez Lara, G. A. (2006). *Mojra en el Proceso de Temperado del Chocolate en una Industria Chocolatera Ecuatoriana* [Tesis]. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador. <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/4401/1/D-CD36025.pdf>
- Ramírez Cardona, D. M. y Arrubla Vélez, J. P. (s.f). *Implementación de un método de determinación de fibra cruda en materias primas y producto terminado en alimentos para animales en CIPA S.A* [Tesis, Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia]. repositorio.utp.edu.co. <https://repositorio.utp.edu.co/items/3f994edf-fe31-4f3e-9840-a16f0603e425>
- RTCA 67.04.50:08 Alimentos. Criterios microbiológicos para la inocuidad de alimentos. (2009). [https://www.oirsa.org/contenido/2017/El\\_Salvador\\_INOCUIDAD/26.%20RTCA%2067%2004%2050%2008%20CRITERIOS%20MICROBIOLOGICOS%20PARA%20LA%20INOCUIDAD%20DE%20ALIMENTOS.pdf](https://www.oirsa.org/contenido/2017/El_Salvador_INOCUIDAD/26.%20RTCA%2067%2004%2050%2008%20CRITERIOS%20MICROBIOLOGICOS%20PARA%20LA%20INOCUIDAD%20DE%20ALIMENTOS.pdf)

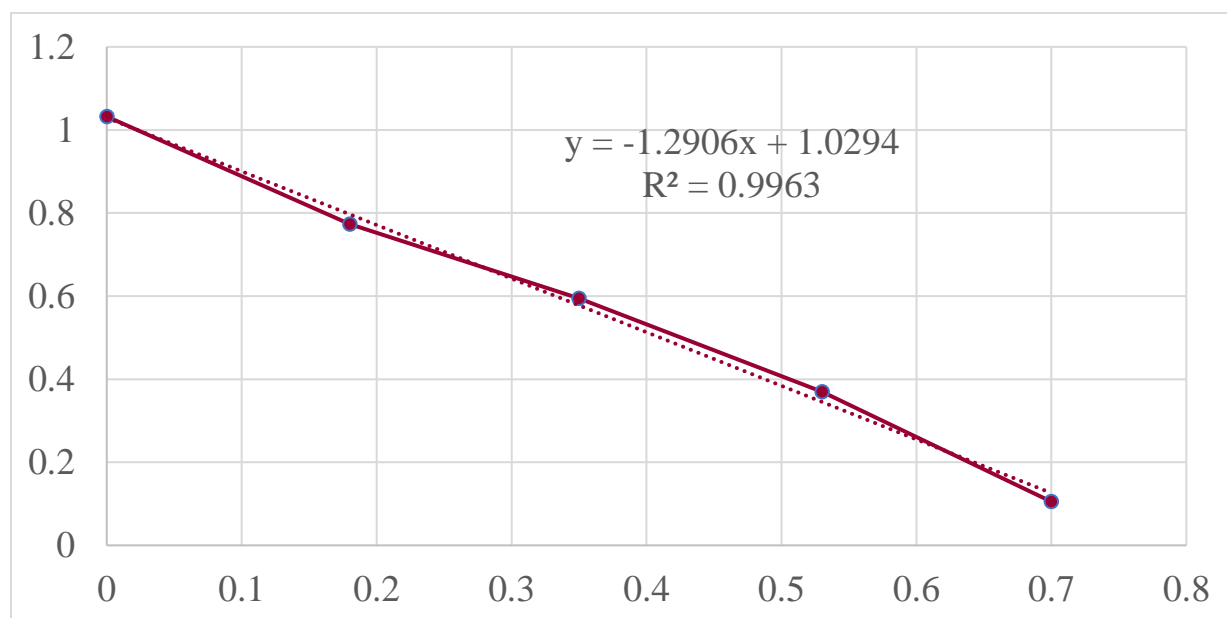
- Etiquetado nutricional de productos alimenticios preenvasados para consumo humano para la población a partir de 3 años de edad (2012). <https://faolex.fao.org/docs/pdf/sica180091anx.pdf>
- Rivera Loja, C., Carrillo Rodriguez, M., Novillo Luzuriaga, N., Peñafiel Leon, R. y Landines Vera, F. (2016). Procesamiento del Té Verde, enriquecido con Vitamina C y Superóxido Dismutasa para la obtención de una bebida funcional antioxidante / Processing of Green Tea, enriched with Vitamin C and Superoxide dismutase for the obtainment of an antioxidant functional Drink. *CIENCIA UNEMI*, 9(20), 100–107. <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol9iss20.2016pp100-107p>
- Rodas Huamán. (2023). *Obtención y caracterización fisicoquímica, tecnológica y funcional de la harina de cáscara de *Hylocereus monacanthus* "pitahaya roja"* [Tesis]. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/0d5361ec-2ece-42a7-8a80-b08ebd5d9f6b/content>
- Romero-Sáez, M. (2022). Los residuos agroindustriales, una oportunidad para la economía circular. *Tecnológicas*, 25(54), e2505. <https://revistas.itm.edu.co/index.php/tecnologicas/article/view/2505/2531>
- Sánchez Alvarez, L. L. (2014). *Determinación de la incidencia del tamaño de partícula de sacarosa desglaseada en la duración del proceso de refinación para la maduración del chocolate oscuro en agorindustrias PICSA S.A* [Tesis]. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/1716/1/22Tg%28520%29Ali%20%20Lilium%20Lizette%20S%C3%A1nchez%20%20C3%81lvarez.pdf>
- Talens Oliag, P. (2018). *Descripción del color en el espacio Ciel\*a\*b* Universitat Politècnica de València. <https://riunet.upv.es/handle/10251/102415>
- Teves Meza, F. C. y Torres Apaza, R. (2011). *Estudio comparativo de la actividad antioxidante IN VITRO de los extractos antociánicos y caracterización de las antocianidinas en los frutos de las especies vegetales *Prunus serótina* (capuli) *Muehlenbeckia volcánica* (Benth.) Endl. (Mullak'a) *Monnina salicifolia* R. & P. (Aceitunilla)* [Tesis, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco; PE, Perú]. [repositorio.unsaac.edu.pe. https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/1061](https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/1061)
- Venereo Gutiérrez, Cap. Justo R. (2002). Daño oxidativo, radicales libres y antioxidantes. *Revista Cubana Medicina Militar*, 31(2). <http://scielo.sld.cu/pdf/mil/v31n2/mil09202.pdf>
- Verona-Ruiz, A., Urcia-Cerna, J. y Paucar-Menacho, L. (2020). Pitahaya (*Hylocereus* spp.): Culture, physicochemical characteristics, nutritional composition, and bioactive compounds. *Scientia Agropecuaria*, 11(3), 439–453. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.16>
- Yap, J. Y., Hii, C. L., Ong, S. P., Lim, K. H., Abas, F. y Pin, K. Y. (2020). Effects of drying on total polyphenols content and antioxidant properties of *Carica papaya* leaves. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(7), 2932–2937. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10320>
- Yi Chang, A. (2017). *Importancia del proceso de temperado en la elaboración del chocolate a nivel industrial* [Tesis]. Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3026/Q02-Y5-T.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

## Anexos

## Anexo A

*Resultados de Colorimetría para HCP y Tratamientos en chocolate*

	Harina de Cáscara de Pitahaya		Chocolate Zamorano		Chocolate Zamorano + 3% HCP		Chocolate Zamorano + 6% HCP		Chocolate Zamorano + 9%HCP	
	Media ± D.E.	CV (%)	Media ± D.E.	CV (%)	Media ± D.E.	CV (%)	Media ± D.E.	CV (%)	Media ± D.E.	CV (%)
L	33.93 ± 8.65	9.20	26.43 ± 2.53	2.92	26.45 ± 3.14	3.63	27.65 ± 3.08	3.51	26.61 ± 2.34	2.70
a	26.02 ± 4.97	5.78	12.46 ± 5.37	7.41	14.49 ± 1.49	2.01	14.60 ± 1.35	1.81	15.04 ± 3.93	5.24
b	13.39 ± 4.03	5.48	8.78 ± 5.95	8.66	7.78 ± 1.76	2.60	7.90 ± 1.19	1.76	9.24 ± 4.0	6.39
Hue	27.24 ± 6.47	7.42	35.16 ± 4.03	27.3 2	28.23 ± 5.63	6.39	28.43 ± 3.32	3.76	31.57 ± 4.51	19.2 8
Croma	29.45 ± 5.48	6.13	15.24 ± 5.35	6.81	16.44 ± 1.65	2.16	16.61 ± 1.53	1.99	17.66 ± 3.0	3.82 5

**Anexo B***Curva Estándar solución metanólica DPPH*

## Anexo C

### Boleta de evaluación sensorial

#### Boleta de evaluación sensorial

#### Prueba de aceptación y preferencia de chocolate con inclusión de harina de cáscara de pitahaya

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

**Instrucciones:** Se le presentarán 4 muestras de chocolate, proceda a evaluar cada muestra de izquierda a derecha. Antes y después de probar cada muestra debe tomar un sorbo de agua y comer un trozo de galleta para limpiar su paladar. Posteriormente, evalúe según el grado de gusto o disgusto que cada muestra le generó según la escala del Cuadro No. 1 y anotando sus resultados (solo los números) en el Cuadro No. 2.

Cuadro No. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Me disgusta mucho	Me disgusta moderadamente	Me disgusta	Me disgusta poco	Ni me gusta ni disgusta	Me gusta poco	Me gusta	Me gusta moderadamente	Me gusta mucho

Cuadro No. 2

Muestra	Apariencia/Brillo	Textura	Sabor	Pos-gusto	Aceptación general

Comentarios: \_\_\_\_\_

En el Cuadro No. 3, ordene las muestras según su preferencia, siendo 1 la más preferida y 4 la menos preferida. No se puede asignar el mismo valor a varias muestras.

Cuadro No. 3

Número de muestra	Orden de preferencia
	1. Más preferida
	4. Menos preferida

Justifique su preferencia: \_\_\_\_\_

### Anexo D

#### *Análisis de correlación entre atributos de la evaluación sensorial*

	<i>Apariencia/Brillo</i>	<i>Textura</i>	<i>Sabor</i>	<i>Posgusto</i>	<i>Aceptación general</i>
Apariencia/Brillo	1				
Textura	0.603788409	1			
Sabor	0.252845858	0.423794	1		
Posgusto	0.21575463	0.449085	0.595893	1	
Aceptación general	0.519956678	0.601259	0.802462	0.743328	1

## Anexo E

Etiqueta Nutricional Chocolate Zamorano 70% cacao Label USA 1990

<b>Nutrition Facts</b>	
<b>Datos de Nutrición</b>	
Serving Size 3 Blocks (30g) / Tamaño por Ración 3 Bloques (30g)	
Servings Per Container Approx. 3 / Raciones por Envase Aprox. 3	
Amount Per Serving / Cantidad por Ración	
<b>Calories / Calorías</b> 180	<b>Calories from Fat / Calorías de Grasa</b> 110
% Daily Value* / % Valor Diario*	
<b>Total Fat / Grasa Total</b> 12g	<b>18%</b>
Saturated Fat / Grasa Saturada 7g	<b>35%</b>
Trans Fat / Grasa Trans 0g	
<b>Cholesterol / Colesterol</b> 0mg	<b>0%</b>
<b>Sodium / Sodio</b> 10mg	<b>0%</b>
<b>Total Carbohydrate / Carbohidrato Total</b> 14g	<b>5%</b>
Dietary Fiber / Fibra Dietética 4g	<b>16%</b>
Sugars / Azúcares 9g	
<b>Protein / Proteínas</b> 3g	
Vitamin A / Vitamina A	0%
Vitamin C / Vitamina C	0%
Calcium / Calcio	2%
Iron / Hierro	4%
*Percent Daily Values are based on a 2,000 calorie diet. Your daily values may be higher or lower depending on your calorie needs:	
*El % Valor Diario (VD) le indica cuánto un nutriente en una porción de alimentos contribuye a una dieta diaria. 2,000 calorías al día se utiliza para asesoramiento de nutrición general.	
	Calories: / Calorías: 2,000      2,500
Total Fat / Grasa Total	Less than / Menos de 65g      80g
Saturated Fat / Grasa Saturada	Less than / Menos de 20g      25g
Cholesterol / Colesterol	Less than / Menos de 300mg      300mg
Sodium / Sodio	Less than / Menos de 2,400mg      2,400mg
Total Carbohydrate / Carbohidrato Total	300g      375g
Dietary Fiber / Fibra Dietética	25g      30g

## Anexo F

Etiqueta Nutricional Chocolate Zamorano 70% cacao + 3% HCP Label USA 1990

<b>Nutrition Facts</b>	
<b>Datos de Nutrición</b>	
Serving Size 3 Blocks (30g) / Tamaño por Ración 3 Bloques (30g)	
Servings Per Container Approx. 3 / Raciones por Envase Aprox. 3	
Amount Per Serving / Cantidad por Ración	
<b>Calories / Calorías</b> 170	Calories from Fat / Calorías de Grasa 110
% Daily Value* / % Valor Diario*	
<b>Total Fat / Grasa Total</b> 12g	<b>18%</b>
Saturated Fat / Grasa Saturada 7g	<b>35%</b>
Trans Fat / Grasa Trans 0g	
<b>Cholesterol / Colesterol</b> 0mg	<b>0%</b>
<b>Sodium / Sodio</b> 10mg	<b>0%</b>
<b>Total Carbohydrate / Carbohidrato Total</b> 14g	<b>5%</b>
Dietary Fiber / Fibra Dietética 5g	<b>20%</b>
Sugars / Azúcares 8g	
<b>Protein / Proteínas</b> 3g	
Vitamin A / Vitamina A	0%
Vitamin C / Vitamina C	0%
Calcium / Calcio	2%
Iron / Hierro	4%
*Percent Daily Values are based on a 2,000 calorie diet. Your daily values may be higher or lower depending on your calorie needs.	
*El % Valor Diario (VD) le indica cuánto un nutriente en una porción de alimentos contribuye a una dieta diaria. 2,000 calorías al día se utiliza para asesoramiento de nutrición general.	
	Calories: / Calorías: 2,000 2,500
Total Fat / Grasa Total	Less than / Menos de 65g 80g
Saturated Fat / Grasa Saturada	Less than / Menos de 20g 25g
Cholesterol / Colesterol	Less than / Menos de 300mg 300mg
Sodium / Sodio	Less than / Menos de 2,400mg 2,400mg
Total Carbohydrate / Carbohidrato Total	300g 375g
Dietary Fiber / Fibra Dietética	25g 30g

## Anexo G

Etiqueta Nutricional Chocolate Zamorano 70% cacao + 6% HCP Label USA 1990

<b>Nutrition Facts</b>	
<b>Datos de Nutrición</b>	
Serving Size 3 Blocks (30g) / Tamaño por Ración 3 Bloques (30g)	
Servings Per Container Approx. 3 / Raciones por Envase Aprox. 3	
Amount Per Serving / Cantidad por Ración	
<b>Calories / Calorías</b> 170	<b>Calories from Fat / Calorías de Grasa</b> 110
% Daily Value* / % Valor Diario*	
<b>Total Fat / Grasa Total</b> 12g	<b>18%</b>
Saturated Fat / Grasa Saturada 7g	<b>35%</b>
Trans Fat / Grasa Trans 0g	
<b>Cholesterol / Colesterol</b> 0mg	<b>0%</b>
<b>Sodium / Sodio</b> 10mg	<b>0%</b>
<b>Total Carbohydrate / Carbohidrato Total</b> 14g	<b>5%</b>
Dietary Fiber / Fibra Dietética 6g	<b>24%</b>
Sugars / Azúcares 7g	
<b>Protein / Proteínas</b> 3g	
Vitamin A / Vitamina A	0%
Vitamin C / Vitamina C	0%
Calcium / Calcio	2%
Iron / Hierro	4%
*Percent Daily Values are based on a 2,000 calorie diet. Your daily values may be higher or lower depending on your calorie needs:	
*El % Valor Diario (VD) le indica cuánto un nutriente en una porción de alimentos contribuye a una dieta diaria. 2,000 calorías al día se utiliza para asesoramiento de nutrición general.	
	Calories: / Calorías: 2,000 2,500
Total Fat / Grasa Total	Less than / Menos de 65g 80g
Saturated Fat / Grasa Saturada	Less than / Menos de 20g 25g
Cholesterol / Colesterol	Less than / Menos de 300mg 300mg
Sodium / Sodio	Less than / Menos de 2,400mg 2,400mg
Total Carbohydrate / Carbohidrato Total	300g 375g
Dietary Fiber / Fibra Dietética	25g 30g

## Anexo H

Etiqueta Nutricional Chocolate Zamorano 70% cacao + 9% HCP Label USA 1990

<b>Nutrition Facts</b>	
<b>Datos de Nutrición</b>	
Serving Size 3 Blocks (30g) / Tamaño por Ración 3 Bloques (30g)	
Servings Per Container Approx. 3 / Raciones por Envase Aprox. 3	
Amount Per Serving / Cantidad por Ración	
<b>Calories / Calorías</b> 160	<b>Calories from Fat / Calorías de Grasa</b> 110
% Daily Value* / % Valor Diario*	
<b>Total Fat / Grasa Total</b> 12g	<b>18%</b>
Saturated Fat / Grasa Saturada 7g	<b>35%</b>
Trans Fat / Grasa Trans 0g	
<b>Cholesterol / Colesterol</b> 0mg	<b>0%</b>
<b>Sodium / Sodio</b> 10mg	<b>0%</b>
<b>Total Carbohydrate / Carbohidrato Total</b> 14g	<b>5%</b>
Dietary Fiber / Fibra Dietética 6g	<b>24%</b>
Sugars / Azúcares 6g	
<b>Protein / Proteínas</b> 3g	
Vitamin A / Vitamina A	0%
Vitamin C / Vitamina C	0%
Calcium / Calcio	2%
Iron / Hierro	4%
*Percent Daily Values are based on a 2,000 calorie diet. Your daily values may be higher or lower depending on your calorie needs:	
*El % Valor Diario (VD) le indica cuánto un nutriente en una porción de alimentos contribuye a una dieta diaria. 2,000 calorías al día se utiliza para asesoramiento de nutrición general.	
	Calories: / Calorías:
	2,000                      2,500
Total Fat / Grasa Total	Less than / Menos de 65g                      80g
Saturated Fat / Grasa Saturada	Less than / Menos de 20g                      25g
Cholesterol / Colesterol	Less than / Menos de 300mg                      300mg
Sodium / Sodio	Less than / Menos de 2,400mg                      2,400mg
Total Carbohydrate / Carbohidrato Total	300g                      375g
Dietary Fiber / Fibra Dietética	25g                      30g