

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la  
Producción**

Estandarización de materia prima y etapas de una línea de producción de  
bocaditos fritos de plátano

**PROYECTO INTEGRADOR**

Previo a la obtención del Título de:

**Ingenieros en Alimentos**

Presentado Por:

Melany Pierina Onofre Arichábala

Anthony Luis Triviño Mora

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2022

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto lo dedico a mi mamá, madrina, mis perros (Dulce, Berlín y Canela), y hermanos, en especial a Bela que siempre ha estado para mí en todo momento y ha sido mi apoyo incondicional. También lo dedico a mis 2 ángeles que me cuidan cada día, espero que estén orgullosos de mí. Gracias a todos los amigos que hice en ESPOL, en especial a Doménica, Ricardo, Anthony, Katuska, Ademir y Nidia. Agradezco a la Casa de las Flores por quitarme el estrés. A mis amigos incondicionales Guillermo y René por siempre apoyarme.

**Melany Onofre**

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto lo dedico a mi padre y a mi madre, que hicieron un gran esfuerzo para que nunca me falte nada, que siempre me apoyaron en todo lo que quise hacer, y me rectificaron cuando iba por mal camino para así ser una persona mejor. A mis amigos, por aguantarme como soy, especialmente a Melany, Sheryl, Ginger y Ricardo.

**Anthony Triviño**

## **AGRADECIMIENTOS**

Le agradezco al PhD. Héctor Palacios, que nos guió en todo momento para hacer de una idea, un gran proyecto. A mi compañero Anthony, por la paciencia y responsabilidad en este proyecto.

**Melany Onofre**

## **AGRADECIMIENTOS**

Mi más sincero agradecimiento al PhD. Héctor Palacios, que nos ayudó muchas veces para lograr los objetivos de este proyecto. Asimismo, a la ESPOL la cual siempre contaba con equipos de última generación para nuestros análisis. Por último, a mi compañera Melany por corregirme en ciertos aspectos del proyecto.

**Anthony Triviño**

## DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Melany Pierina Onofre Arichábala* y *Anthony Luis Triviño Mora* damos nuestro consentimiento para que la ESPOC realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

*Melany Onofre*

---

Melany Pierina Onofre Arichábala

*alM*

---

Anthony Luis Triviño Mora

# EVALUADORES

.....  
**MSc. Galo Chuchuca**

PROFESOR DE LA MATERIA

.....  
**PhD. Héctor Palacios**

PROFESOR TUTOR

## RESUMEN

La exportación de snacks de chips de plátanos ha ido aumentando considerablemente, las empresas productoras de chifles buscan entrar en el mercado internacional mejorando las propiedades organolépticas y fisicoquímica. La empresa en estudio desea mejorar las características de sus chips para brindar un producto de mayor calidad, por lo que, el objetivo del proyecto es de estandarizar la materia prima y las etapas de producción de una línea de snacks de chips de plátano mejorando las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del producto. Para alcanzarlo, se realizó una caracterización de la materia prima, después, un diseño de experimentos variando temperaturas y tiempos de fritura. Del diseño y de la caracterización, se eligieron las muestras con mejores características y se realizó un análisis sensorial y una prueba de vida útil acelerada. Los resultados indicaron que, en la caracterización, que la variedad dominico-procesada tuvo la menor humedad (2,5%), y la mayor dureza (3,763 N). De los tratamientos en el diseño de experimentos, el tratamiento 6 (170°C, 3 min., 6h.) tuvo las mejores características con una humedad de (2,39 %) y una dureza de (3,82N). El análisis de vida útil indicó que el tratamiento 6 con índice de peróxido igual a 7,97 fue el que menos se degradó. En la prueba sensorial, los panelistas prefirieron el tratamiento 6. Se concluye que la variedad Dominico puede ser utilizada para tener una baja humedad final con una dureza aceptable, asimismo, utilizando el tratamiento 6, se logra obtener un producto con buen color, sabor, y textura.

**Palabras Clave:** dureza, vida útil, propiedades fisicoquímicas, propiedades sensoriales, calidad

## **ABSTRACT**

*The exports of fried plantain chips have been increasing considerably, that's the reason companies seek to enter into the international market by improving their organoleptic and physicochemical properties. The company wishes to improve their chips characteristics to provide a higher quality product, therefore, the objective of this study is to standardize the raw material and the production stages of a snack chips line. To achieve this, a characterization of the raw material was carried out, followed by an experiment's design varying temperatures and frying times. From the design and characterization, the samples with the best characteristics were chosen and a sensory analysis and an accelerated shelf-life test were performed. As a result, in the characterization, the variety Dominico processed had the lowest moisture (2.5%), and the highest hardness (3,763 N). The treatment 6 (170°C, 3 min., 6h.) of the experiment design had the best characteristics with a humidity of (2.39%) and a hardness of (3.82N). The shelf-life analysis shows that the treatment 6 had a peroxide value of 7.97 and was the one that degraded the least. In the sensory test, the panelists preferred treatment 6. It is concluded that the Dominico variety can be used to have a low final moisture with an acceptable hardness, using treatment 6, it is possible to obtain a product with good color, flavor, and texture.*

**Keywords:** *hardness, shelf-life, physicochemical properties, organoleptic properties, quality.*

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	I
<i>ABSTRACT</i> .....	II
ÍNDICE GENERAL .....	III
ABREVIATURAS .....	V
SIMBOLOGÍA.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VII
ÍNDICE DE TABLAS .....	VIII
CAPÍTULO 1 .....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Descripción del problema .....	1
1.2 Justificación del problema .....	1
1.3 Objetivos .....	2
1.3.1 Objetivo General.....	2
1.3.2 Objetivos Específicos.....	2
1.4 Marco teórico .....	2
1.4.1 Plátano Verde .....	2
1.4.2 Snacks de Chips de plátano verde (Chifles) .....	4
1.4.3 Vida Útil del Producto Terminado.....	6
1.4.4 Calidad del Producto Final .....	6
CAPÍTULO 2 .....	8
2. METODOLOGÍA.....	8
2.1 Análisis fisicoquímico de materia prima y producto terminado utilizando variedades separadas de plátano verde.....	8
2.1.1 Pruebas en materia prima de plátano verde sin procesar .....	8

2.1.2	Pruebas en producto terminado (Chifle/Snack).....	10
2.2	Diseño experimental factorial .....	11
2.2.1	Medición de la variable de respuesta “textura” .....	12
2.2.2	Medición de la variable de respuesta “humedad” .....	12
2.3	Evaluación Sensorial.....	12
2.3.1	Prueba de Aceptabilidad.....	13
2.3.2	Análisis Estadístico.....	14
2.4	Estudio de vida útil acelerado.....	14
2.4.1	Medición del índice de peróxido.....	14
CAPÍTULO 3 .....		16
3.	RESULTADOS Y ANÁLISIS .....	16
3.1	Propiedades fisicoquímicas de diferentes variedades de plátanos .....	16
3.2	Diseño de experimento: Efectos de tratamientos de tiempos y temperatura sobre la humedad y textura del snack de chips de plátano.....	18
3.3	Panel Sensorial: Características sensoriales de los chips de plátano.....	21
3.4	Vida Útil: Efectos de la degradación del snack de chips de plátano en las características fisicoquímicas.....	22
3.5	Costos.....	26
CAPÍTULO 4 .....		28
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	28
4.1	Conclusiones.....	28
4.2	Recomendaciones.....	29
BIBLIOGRAFÍA		
APÉNDICES		

## ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
AA	Aminoácidos
Aw	Actividad de agua
Meq	Miliequivalentes
ANOVA	Prueba Multivariada de Significancia
INEN	Instituto Ecuatoriano Técnico de Normalización
IP	Índice de peróxido
D	Domínico
B	Barraganete
H	Hartón

## SIMBOLOGÍA

mm	Milímetro
mg	Miligramo
g	Gramos
kg	Kilogramos
cm	Centímetro
meqO <sub>2</sub> /kg	Miliequivalentes de oxígenos sobre kilogramos de productos (IP)
\$	dólares americanos
N	Dureza
°C	Grados centígrados
±	Más o menos
min	Minutos
h	Horas
%	Porcentaje

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 Efectos de los tratamientos en el % de humedad de chips de plátano [Elaboración propia].....	18
Figura 3.2 Efectos de los tratamientos en la dureza de chips de plátano [Elaboración propia] .....	20

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Cambios principales en la composición de alimentos durante el proceso de freído [Bordin et al., 2013] .....	5
Tabla 2.1 Esquema del diseño factorial $2^3$ [Elaboración propia] .....	11
Tabla 2.2 Niveles altos y bajos de los factores [Elaboración propia].....	11
Tabla 2.3 Combinaciones de niveles de los factores [Elaboración propia].....	12
Tabla 2.4 Escala Hedónica [Elaboración propia] .....	13
Tabla 3.1 Propiedades fisicoquímicas de variedades de plátano procesadas y no procesadas [Elaboración propia] .....	16
Tabla 3.2 Muestras Decodificadas [Elaboración propia] .....	21
Tabla 3.3 Puntuaciones sensoriales promedio de cada muestra [Elaboración propia] .....	22
Tabla 3.4 Efectos de la degradación en las características fisicoquímicas de los chips de plátano [Elaboración propia].....	22
Tabla 3.5 Porcentaje de humedad de variedades a temperatura ambiente después de 1 mes de almacenamiento [Elaboración propia].....	23
Tabla 3.6 Costos de materia prima de la empresa [Elaboración propia].....	26
Tabla 3.7 Costos de materia prima de la propuesta [Elaboración propia] .....	26
Tabla 3.8 Costos de mano de obra [Elaboración propia] .....	26

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Descripción del problema

La empresa en estudio se dedica a la elaboración de snacks de chips de plátano y canguil para la venta nacional e internacional, por lo que debe cumplir con especificaciones de calidad y tiempo de vida útil. A pesar de que, el snack de chips de plátano que ofrecen satisface las necesidades de sus clientes, la empresa desea mejorar las características sensoriales (color, olor, sabor y textura), para así brindar un producto de mejor calidad. La estandarización es parte primordial en una empresa, por esta razón, la empresa desea implementar una mejora en la estandarización de la materia prima y del proceso, ya que, puede tener influencia variable en la empresa y el consumidor final.

### 1.2 Justificación del problema

La exportación de snacks de chips de plátanos ha ido aumentando considerablemente con el paso del tiempo. Según la Revista (El Universo, 2021), las exportaciones de snacks de plátano (chifles) se estimaron en \$67 millones en el 2020. Debido a este aumento de demanda, las empresas productoras de chifles buscan entrar en el mercado internacional mejorando las propiedades organolépticas y fisicoquímica del snack. La estandarización de la materia prima ayudará a que el proceso de elaboración de chips de plátanos mejore, ya que se da en base a las características fisicoquímicas de cada variedad de plátano, en este caso, la empresa emplea como materia prima un grupo de variedades: barraganete, dominico y hartón, por lo que es necesario establecer la variedad de plátano que favorece a la elaboración de este producto. Así mismo, se deberá mejorar el proceso de producción de snacks de plátano para que así se beneficie tanto a la empresa como al consumidor de estos snacks. Mediante estas mejoras se plantea que el proceso sea lo más eficiente posible y al mismo tiempo lograr un producto final de gran calidad, así, la empresa conseguirá obtener un producto atractivo para su comercialización, beneficiando tanto a la empresa como al consumidor. El propósito de este estudio es estandarizar la materia prima y las etapas de producción de las líneas

de snacks de chips de plátano mejorando las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del producto.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo General**

Estandarizar la materia prima y las etapas de producción de las líneas de snacks de chips de plátano mejorando las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del producto.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Evaluar las características fisicoquímicas de las variedades de plátanos estudiadas (Dominico, Barraganete, Hartón) para su implementación como materia prima.
- Mejorar los procesos de producción estableciendo parámetros en la etapa de fritura y enfriamiento.
- Analizar las características fisicoquímicas y dureza mediante un estudio de vida útil acelerado del producto final.

### **1.4 Marco teórico**

#### **1.4.1 Plátano Verde**

El plátano verde (*Musa paradisiaca*) es una de las materias primas más producidas en áreas tropicales y subtropicales (López & Gómez Montaña, 2014). Existen múltiples variedades de este alimento, de las cuales en Ecuador se producen: Dominico, Hartón, Barraganete, Curaré, Dominico-Hartón (Delgadillo Cobos, 2014). De estas variedades, las estudiadas en este proyecto son: Barraganete, Dominico y Hartón. El plátano de variedad Barraganete tiene una gran resistencia a plagas y enfermedades, y, además, se adapta fácilmente a diferentes suelos, por lo cual es la más escogida para procesos industriales y para exportación (Delgadillo Cobos, 2014).

Esta materia prima es requerida en su estado no maduro, tanto en empresas procesadoras de plátano verde como a nivel internacional para exportación (Paz & Pesantez, 2013). Debido a esto se necesita mantener en condiciones que eviten la degradación por reacciones enzimáticas que maduran, oscurecen la cáscara, la pulpa

y afectan las características fisicoquímicas del producto. Normalmente, las condiciones ideales en las que se trata de mantener el producto crudo son en refrigeración, a una temperatura de 13 a 14 °C. Una temperatura menor a esta puede causar daños por frío en el tejido similar a lo que sucede con el banano (*Musa acuminata*) (Cerros, 2021).

#### **1.4.1.1 Especificaciones fisicoquímicas de las variedades de plátano**

En general, la humedad se encuentra entre 58% y 65% y la actividad de agua ( $A_w$ ) entre 0.989 y 0.991 (Quiceno et al., 2014). Los sólidos solubles totales o °Brix de la pulpa de la fruta cruda se encuentra entre 2.5 y 3.5 (Passo Tsamo et al., 2014). La variedad Barraganete tiene una longitud hasta de 30 cm. y 7 cm. de diámetro (MUNEXIFRUIT, 2019), sin embargo, presenta solo hasta 30 dedos por racimo (Delgadillo Cobos, 2014). La variedad Dominico tiene una longitud hasta de 26.5 cm. y 6.5 cm. de diámetro, además, presenta hasta 54 dedos por racimo (Marcelino et al., 2012). La variedad Hartón tiene una longitud hasta de 25.5 cm y 5.7 cm. de diámetro, además, presenta 45 dedos por racimo (Marcelino et al., 2012).

#### **1.4.1.2 Enzimas y Reacciones Enzimáticas**

Varias enzimas y reacciones enzimáticas toman parte durante la maduración del plátano verde. La maduración del plátano ocurre principalmente por el etileno ( $C_2H_4$ ), la cual es una hormona de característica de las plantas que se desarrolla mayormente en frutas climatéricas. El etileno estimula cambios fisiológicos y metabólicos en la fruta, por lo cual se aceleran las reacciones enzimáticas que transforman el plátano verde, que es firme y verde, en un plátano suave y amarillo (Etana, 2018). El cambio de color del plátano de verde a amarillo se lo atribuye a la reacción de pardeamiento enzimático que ocurre por la degradación de compuestos fenólicos catalizada por la enzima polifenol oxidasa (Quiceno et al., 2014). Esto es contraproducente para la industria de snacks de plátano verde que desean que el color del producto sea lo más llamativo posible. Por otra parte, La firmeza es afectada principalmente por la degradación de polisacáridos, pectinas y almidón catalizado por amilasas (Xiao et al., 2018). Al ser degradadas a compuestos más simples, la estructura del plátano es ablandada lo cual lo transforma en una materia prima no apta para la producción de chips de plátano verde fritos. No

solo ablanda el producto, también aumenta el porcentaje de humedad debido a la degradación de carbohidratos lo cual causa un cambio osmótico que hace migrar el agua de la cascara a la pulpa (Agbemafle et al., 2017). Un alto porcentaje de humedad causa que el producto final ya procesado tenga un tiempo de vida útil corto debido a una mayor actividad de agua donde se pueden proliferar más microorganismos.

### **1.4.1.3 Productos y Comercialización**

El plátano verde es comercializado tanto como materia prima o como producto terminado después de ser procesado. Entre los productos se encuentran el plátano deshidratado, la harina de plátano, y los chips o snacks de plátano (Amah et al., 2021). En Ecuador, el plátano verde crudo y los chips/snacks de plátano son lo más comercializados.

### **1.4.2 Snacks de Chips de plátano verde (Chifles)**

#### **1.4.2.1 Proceso para la producción de chips de plátano verde**

Se recepta plátano verde con grado de maduración 1 según la escala de Von Loescke (Ramírez et al., 2010), después se lava y se pela la cáscara. Para la producción de chifle redondo, se corta verticalmente el plátano pelado donde cada rodaja tiene un grosor entre 2 - 2.5 mm. Para el chifle largo o alargado, se corta horizontalmente el plátano pelado con cortes de 1.5 - 2 mm. de grosor. Las unidades cortadas son introducidas en aceite caliente a altas temperaturas por pocos minutos. Después, se retira las unidades del aceite caliente, se escurre, se deja enfriar y se agrega sal u otro aditivo que se requiera. Se transfieren los chips a contenedores donde se los enfría considerablemente al ambiente, hasta que lleguen a la misma temperatura que el ambiente. Por último, se empaca una cantidad fija de chifles en fundas individuales y se almacena o se distribuye dependiendo de la situación.

#### **1.4.2.2 Cambios, reacciones y compuestos producidos por el freído**

En la siguiente tabla se pueden observar los cambios generales que ocurren durante el freído de productos alimenticios a altas temperaturas.

**Tabla 1.1 Cambios principales en la composición de alimentos durante el proceso de freído [Bordin et al., 2013]**

<b>Compuesto</b>	<b>Cambios</b>
Grasas	Aumento y cambio en la composición
Humedad	Pérdida Considerable
Azúcares Reductores	Reacción de Maillard
Almidón	Gelatinización
Proteínas	Cambio en la composición
Aminoácidos	Formación de compuestos que cambian el sabor
Vitaminas	Pérdida Considerable
Minerales	Pérdida mínima
Antioxidantes	Pérdida Considerable

El sabor, color y aroma de un producto que es freído en aceite es alterado dependiendo de las condiciones del proceso de fritura, tales como, el tiempo y temperatura de freído, la calidad del aceite que se utiliza, las características de la materia prima, y la superficie de contacto con la materia prima (Bordin et al., 2013). Debido al freído a altas temperaturas ocurre un intercambio de calor y masa donde se evapora agua del plátano verde y entra aceite, además, la rápida evaporación crea poros en la estructura del producto. Asimismo, al final del proceso se crea una costra en la superficie protegiendo al producto de la entrada o salida de agua, manteniendo el contenido de humedad estable (Bordin et al., 2013). Este proceso puede ser considerado un proceso preservante, debido a que se destruyen enzimas y microorganismos degradadores del producto, microorganismos patógenos, y, además, disminuye la actividad de agua del producto (Bordin et al., 2013).

Otro cambio importante que se debe considerar es la reacción de Maillard la cual puede ser beneficiosa y al mismo tiempo contraproducente. Esta reacción toma lugar a altas temperaturas, entre azúcares reductores y aminoácidos (AA) que se encuentran en el alimento. El resultado son las melanoidinas, las cuales presentan un color café y aromas

característicos (Tamanna & Mahmood, 2014). Estas características de color son deseadas en ciertos productos como de panadería. Sin embargo, en productos como snacks de plátano puede ser condición para rechazo. Por otra parte, las reacciones de Maillard también pueden producir compuestos carcinógenos como son las acrilamidas. La formación de este compuesto se lo atribuye principalmente al AA asparagina al reaccionar con azúcares reductores, sin embargo, cualquier AA que pueda producir ácido acrílico puede formar acrilamidas (Udomkun et al., 2021).

### **1.4.3 Vida Útil del Producto Terminado**

#### **1.4.3.1 Pruebas de vida útil acelerado**

La vida útil de un producto puede verse afectada por factores como humedad, temperatura y tratamientos térmicos produciendo cambios en el alimento afectando su color, textura y sabor (García et al., 2012). Las pruebas de vida útil acelerada permiten conocer información en un periodo corto de tiempo y consiste en someter al producto a diferentes temperaturas bajo condiciones controladas, considerando que la temperatura de la prueba debe ser mayor a la temperatura de almacenamiento y comercialización, de esta forma, se observa las reacciones de deterioro (García & Molina, 2008).

#### **1.4.3.2 Índice peróxido**

Las grasas y los aceites presentes en los alimentos sufren reacciones de oxidación durante el procesamiento, almacenamiento y distribución causando deterioro del producto y modificando características de sabor, olor, textura y apariencia del producto (Gotoh & Wada, 2006). Se emplea para medir el contenido total de hidroperóxidos presentes por kilogramos de aceite. Este análisis es importante en la industria alimentaria ya que un valor excesivo podría llevar a una intoxicación alimentaria (Zhang et al., 2021).

### **1.4.4 Calidad del Producto Final**

#### **1.4.4.1 Propiedades Sensoriales**

Es una de las cualidades organolépticas más importantes en los alimentos y en la industria alimenticia, suele ser un criterio muy significativo para el consumidor ya que

relaciona el color con la calidad del producto (Mathias-Rettig & Ah-Hen, 2014), De acuerdo con (Rymbai et al., 2011) el color siempre ha sido una propiedad de aceptabilidad en las industrias cosméticas, textiles, alimentos, entre otras. Este atributo permite que anomalías o defectos que existen en el producto sean detectadas y sirve como parámetro para clasificar un producto desde la materia prima o producto final (Delmoro et al., 2010). El sabor está basado en una integración multisensorial, donde, las sensaciones coexisten en tiempo y espacio. El sabor es una percepción que surge de la boca mediante señales olfativas gustativas (Small, 2012). La textura es una propiedad sensorial que afecta la percepción de los productos alimenticios, son sinónimo de frescura y contribuyen a la apariencia de éste (Jaworska & Hoffmann, 2008).

# CAPÍTULO 2

## 2. METODOLOGÍA

De acuerdo con los objetivos planteados en el capítulo uno (1), se decidió dividir la metodología en 4 subtemas importantes. En el primer subtema se realizó un análisis de la materia prima, en este caso, plátano verde en su estado no maduro crudo y en su estado final como producto terminado (snack de chips de plátano) utilizando el proceso impuesto por la empresa sin alteraciones. Este análisis se enfocó en las propiedades fisicoquímicas de humedad, actividad de agua, grados brix (sólidos solubles totales), y dureza. En el segundo subtema se realizó un diseño de experimentos basado en las temperaturas, tiempos de freído y de reposo del plátano con el objetivo de mejorar las características fisicoquímicas y sensoriales del producto final. En el tercer subtema, se realizó un panel sensorial para evaluar los parámetros: color, sabor, textura, de las muestras seleccionadas en el diseño de experimentos. Por último, en el cuarto subtema, utilizando las mismas muestras seleccionadas se realizó un estudio de vida útil acelerado, donde se evaluó las características fisicoquímicas.

### 2.1 Análisis fisicoquímico de materia prima y producto terminado utilizando variedades separadas de plátano verde

#### 2.1.1 Pruebas en materia prima de plátano verde sin procesar

##### 2.1.1.1 Selección de materia prima

Se utilizó plátano verde de las variedades barraganete, hartón y dominico. Se obtuvo muestras separadas e identificadas de cada variedad de plátano las cuales se obtuvieron de la empresa maquiladora ubicada en El esfuerzo – Santo Domingo de los Tsáchilas. Las muestras de esta maquiladora ya se encontraban peladas y presentaban un tratamiento con ácido cítrico para conservar el producto de la oxidación.

##### 2.1.1.2 Determinación de Humedad

Primero se rotularon las muestras. Las muestras de la empresa maquiladora se denominaron “D” de dominico, “B” de barraganete y “H” de hartón. La preparación inició

con un corte a la mitad de 1 plátano de cada muestra D, B y H. Después se raspó la superficie de uno de los cortes del plátano con una cuchara, lo que dio como resultado una masa tipo papilla (pulpa de plátano).

Para la determinación de la humedad se utilizó el método de la termobalanza. *Termobalanza (Moisture Balance or Rapid Moisture Analyzer) (Modelo MLB 50-3 y marca KERN):*

Se pesó 5 g. de cada muestra preparada y se siguió lo indicado en el manual del fabricante del equipo para la obtención de datos. Se agregaron los 5g. en un platillo de aluminio y se colocó el platillo en la recámara de la termobalanza. Se cerró la termobalanza y se inició la lectura. Finalmente, el equipo mostró en la pantalla digital el valor de humedad relativa.

#### **2.1.1.3 Determinación de °Brix (Sólidos Solubles Totales) (Madurez)**

*Refractómetro Digital (Digital Brix Refractometer) (Modelo 300051 y marca Sper Scientific):*

Se preparó las muestras al igual que se lo hizo en la "Determinación de Humedad". Para cada muestra se necesitó diluir la pulpa del plátano en agua para después verter gotas de cada solución en el refractómetro. Se diluyó 1 g. de muestra en 10 ml. de agua destilada como se indicaba en el manual del fabricante.

#### **2.1.1.4 Determinación de Actividad de Agua (Aw)**

*Equipo de medición de actividad de agua (AquaLab Series 3TE):*

Se preparó las muestras al igual que se lo hizo en la "Determinación de Humedad". Se agregó cada muestra preparada en un recipiente especial parte del equipo de determinación de Aw. Posteriormente se introdujo el recipiente con la muestra en la recámara del equipo, se cerró la recámara y se inició la medición. Se recopilaron los datos observados en la pantalla digital del equipo y se repitió el proceso para las otras muestras.

## **2.1.2 Pruebas en producto terminado (Chifle/Snack)**

### **2.1.2.1 Selección de producto terminado**

Para la obtención del producto terminado se procesó la misma materia prima de la maquiladora antes mencionada. Se realizó el proceso de freído a las condiciones usuales que utiliza la empresa (155-160°C y 3.5-4 min.). Posteriormente, se recolectó muestras de cada recipiente donde se encontraba el producto procesado y se rotuló cada muestra con la misma denominación “D” (dominico), “B” (barraganete), y “H” (hartón).

### **2.1.2.2 Determinación de Humedad**

Se empezó con la preparación, en la cual se trituro con un mortero y pistilo cada muestra D, B y H. Después se los agregó en recipientes separados.

*Termobalanza (Moisture Balance or Rapid Moisture Analyzer) (Modelo MLB 50-3 y marca KERN)*

Se pesó 5 g. de cada muestra preparada y se siguió lo indicado en el manual del fabricante del equipo para la obtención de datos. Se agregaron los 5g. en un platillo de aluminio y se colocó el platillo en la recámara de la termobalanza. Se cerró la termobalanza y se inició la lectura. Finalmente, el equipo mostró en la pantalla digital el valor de humedad relativa.

### **2.1.2.3 Medición de la textura**

Para medir la variable de respuesta textura, se utilizó un texturómetro de la marca AMETEK. El modelo específico fue CT3-4500. La sonda utilizada fue la TA7 con el propósito de simular una mordida con lo cual se midió el parámetro dureza en Newtons mediante la aplicación de una carga igual a 4N en el producto. Primero se prendió el equipo y se entró a la aplicación del sistema de textura. Se configuró el sistema para que el texturómetro analice dureza a la carga adecuada. Se instaló la sonda adecuada y se colocó la muestra en la base. Se inició la prueba y se recolectaron datos, además, se realizaron 2 repeticiones.

## 2.2 Diseño experimental factorial

Se realizó un diseño experimental factorial  $2^k$  donde,  $k$  es igual al número de factores o variables independientes en el experimento y el 2, son la cantidad de tratamientos. En este caso  $k$  era igual a 3, es decir, un diseño  $2^3$  (Montgomery, 2013), donde se tuvo como factores (variables independientes), el tiempo de fritura, la temperatura de fritura y el tiempo de reposo. Además, por cada factor hubo 2 tratamientos o niveles, un nivel alto y un nivel bajo. Las variables de respuesta (variables dependientes) fueron textura y humedad relativa. En la siguiente tabla se puede observar el esquema del diseño, donde se pueden apreciar 8 tratamientos o pruebas, sin embargo, debido a que las pruebas se realizaron en triplicado el número de pruebas real fue de 24.

**Tabla 2.1 Esquema del diseño factorial  $2^3$  [Elaboración propia]**

Tratamientos	Factores		
	Temperatura (A)	Tiempo de Proceso (B)	Tiempo de Reposo (C)
1	-1	-1	-1
2	-1	-1	0
3	-1	0	-1
4	-1	0	0
5	0	-1	-1
6	0	-1	0
7	0	0	-1
8	0	0	0

Asimismo, en la siguiente tabla se muestran los valores numéricos de los niveles altos y bajos de cada factor

**Tabla 2.2 Niveles altos y bajos de los factores [Elaboración propia]**

Factores	Niveles de los factores	
	Bajo (-1)	Alto (0)
Temperatura (T) (°C)	160	170
Tiempo de proceso (tp) (min.)	3	3.5
Tiempo de reposo (tr) (h.)	2	6

De esta forma, la tabla con los tratamientos propuestos quedaría de la siguiente manera:

**Tabla 2.3 Combinaciones de niveles de los factores [Elaboración propia]**

Tratamientos	T (°C)	tp (min)	tr (h)
1	160	3	2
2	160	3	6
3	160	3,5	2
4	160	3,5	6
5	170	3	2
6	170	3	6
7	170	3,5	2
8	170	3,5	6

### **2.2.1 Medición de la variable de respuesta “textura”**

Para medir la variable de respuesta textura, se utilizó un texturómetro de la marca AMETEK. El modelo específico fue CT3-4500. La sonda utilizada fue la TA7 con el propósito de simular una mordida con lo cual se midió la dureza mediante la aplicación de una carga igual a 2N en el producto. Primero se prendió el equipo y se entró a la aplicación del sistema de textura. Se configuró el sistema para que el texturómetro analice dureza a la carga adecuada. Se instaló la sonda adecuada y se colocó la muestra en la base. Se inició la prueba y se recolectaron datos. Finalmente, se hicieron 2 repeticiones más.

### **2.2.2 Medición de la variable de respuesta “humedad”**

Se siguió lo indicado en el manual del fabricante de la termobalanza para la obtención de datos al igual que en los anteriores subtemas. Se pesó 5 g. de la muestra triturada, después se transfirió la muestra al platillo de aluminio dentro del equipo. Se cerró el equipo y se inició la prueba. Se recolectó el dato del porcentaje de humedad indicada en la pantalla digital del equipo.

## **2.3 Evaluación Sensorial**

Se realizó un panel sensorial en donde se evaluaron muestras seleccionadas del diseño para experimentos y correspondientes a las 3 variedades de plátano previamente

mencionadas. Se seleccionaron 2 muestras de las 8 combinaciones planteadas en el diseño de experimentos para el panel sensorial. Las 2 muestras fueron escogidas considerando la opinión del cliente basados en color del chifle (mejor y peor color), el porcentaje de humedad y los datos de textura obtenidos del texturómetro. Asimismo, se seleccionaron 3 muestras más, provenientes de las pruebas realizadas en el subtema 2.1 con variedades separadas de plátano verde. Una de variedad barraganete, otro dominico y, por último, hartón.

### 2.3.1 Prueba de Aceptabilidad

Se realizó una prueba de aceptación en el Laboratorio de Evaluación Sensorial en la ESPOL, para medir grado de aceptabilidad con respecto al color, sabor y textura. Se emplearon 36 panelistas en donde se les pidió calificar 2 muestras de chifles escogidas a partir de los datos obtenidos después de realizar el diseño de experimentos, por medio de una escala hedónica de 7 puntos, siendo el punto 1 me disgusta mucho y el 9 me gusta mucho. Se emplearon 36 panelistas no entrenados que fueron estudiantes de la universidad ESPOL, en la ciudad de Guayaquil, con un rango de edad de 18-30 años. La hoja maestra utilizada se encuentra en el Apéndice C. Así mismo, se realizó la prueba de aceptación para las 3 variedades de plátano mencionadas previamente, la hoja maestra se encuentra en el Apéndice C y las encuestas se encuentran en el Apéndice A y B.

**Tabla 2.4 Escala Hedónica [Elaboración propia]**

Puntaje	Escala
1	Me disgusta mucho
2	Me disgusta
3	Me disgusta ligeramente
4	Me es indiferente
5	Me gusta ligeramente
6	Me gusta
7	Me gusta mucho

### **2.3.2 Análisis Estadístico**

Se empleó la herramienta Statgraphics 18, para procesar los datos obtenidos de la evaluación sensorial, en donde se realizó una prueba de normalidad para saber el tipo de distribución que tenían los datos y se definió un intervalo de confianza del 95%. Se definieron los siguientes supuestos:

H<sub>0</sub>: La media de los datos siguen una distribución normal.

H<sub>a</sub>: La media de los datos no siguen una distribución normal.

Si el valor p es mayor a 0.05, se concluye que los datos siguen una distribución normal puesto que no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula por lo que se realizó una prueba paramétrica t-test. El software nos arroja toda la información estadística necesaria para poder obtener resultados una vez que obtengamos los datos del panel sensorial.

## **2.4 Estudio de vida útil acelerado**

Se utilizaron las mismas muestras seleccionadas para el subtema 2.3 de análisis sensorial. Se siguió la metodología de Schaal para el estudio de vida útil acelerado (BTSA, 2021). El objetivo de esta metodología fue acelerar los procesos degradativos como la oxidación, con la ayuda de un aumento en la temperatura, para evaluar la estabilidad del producto a través del tiempo. En este estudio se evaluó el índice de peróxido, la humedad y la textura. Se mantuvo las muestras a evaluar a una temperatura de 60°C en una estufa (marca ThermoScientific) durante 10 días (Viera Guerrero, 2005), los cuales representaron 2 meses en tiempo real. Se evaluaron todas las características antes descritas, en el día 1 y en el día 10. Los datos se tomaron en triplicado para tener una mayor certeza al momento del análisis.

### **2.4.1 Medición del índice de peróxido**

Para la determinación del índice de peróxido se enviaron las muestras al laboratorio de investigación de la Universidad de las Américas, en Quito – Ecuador, donde utilizó la metodología basada en la norma INEN-0277 (INEN, 1978). Después de 1 semana se

obtuvieron los datos pertinentes relacionados al índice de peróxido de las muestras en meq O<sub>2</sub>/kg.

# CAPÍTULO 3

## 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 3.1 Propiedades fisicoquímicas de diferentes variedades de plátanos

Tabla 3.1 Propiedades fisicoquímicas de variedades de plátano procesadas y no procesadas [Elaboración propia]

Variedades	No procesadas (crudo)			Procesadas (chips)	
	°Brix	Aw	% de Humedad	% de Humedad	Dureza (N)
Dominico	2,09 ( $\pm$ 0,18) <sup>a</sup>	0,993 ( $\pm$ 0,005) <sup>a</sup>	61,22 ( $\pm$ 1,77) <sup>a</sup>	2,5 ( $\pm$ 0,08) <sup>b</sup>	3,763 ( $\pm$ 0,049) <sup>a</sup>
Barraganete	2,33 ( $\pm$ 0,06) <sup>a</sup>	0,991 ( $\pm$ 0,001) <sup>a</sup>	60,33 ( $\pm$ 0,29) <sup>a</sup>	2,84 ( $\pm$ 0,07) <sup>a</sup>	3,728 ( $\pm$ 0,061) <sup>a</sup>
Hartón	2,5 ( $\pm$ 0,52) <sup>a</sup>	0,99 ( $\pm$ 0,001) <sup>a</sup>	61,77 ( $\pm$ 0,34) <sup>a</sup>	2,87 ( $\pm$ 0,07) <sup>a</sup>	3,726 ( $\pm$ 0,027) <sup>a</sup>

Valores en la misma columna con diferentes letras son significativamente diferentes para  $p < 0.05$

Se obtuvieron resultados del análisis de azúcares totales en el plátano, se puede observar en la tabla 3.1, que las variedades tienen valores entre 2 y 2,5 °Brix. En el estudio realizado por (Agbemafle et al., 2017), el contenido de azúcares del plátano verde no maduro evaluado fue de 4.39 °Brix. Asimismo, (Lucas et al., 2012) indicó que este valor debe de encontrarse debajo de los 8°Brix para evitar un oscurecimiento significativo en el producto terminado de chips de plátano. De esta forma, todas las variedades empleadas en el proyecto tuvieron baja madurez y poca cantidad de azúcares, cumpliendo así el requerimiento de calidad para obtención de un snack de plátano con bajo riesgo de oscurecimiento, lo cual es importante para el cliente y su exportación. Esto tiene relación con en el ANOVA realizado para estos datos en STATISTICA 14, donde no existieron diferencias significativas entre las variedades con respecto a la variable °Brix (ver Apéndice E, tabla E.4). A su vez, se analizó la actividad de agua y la tabla 3.1 muestra valores similares entre las variedades de plátano. Al igual que en el estudio de (Quiceno et al., 2014) los valores fueron similares con mínimas variaciones.

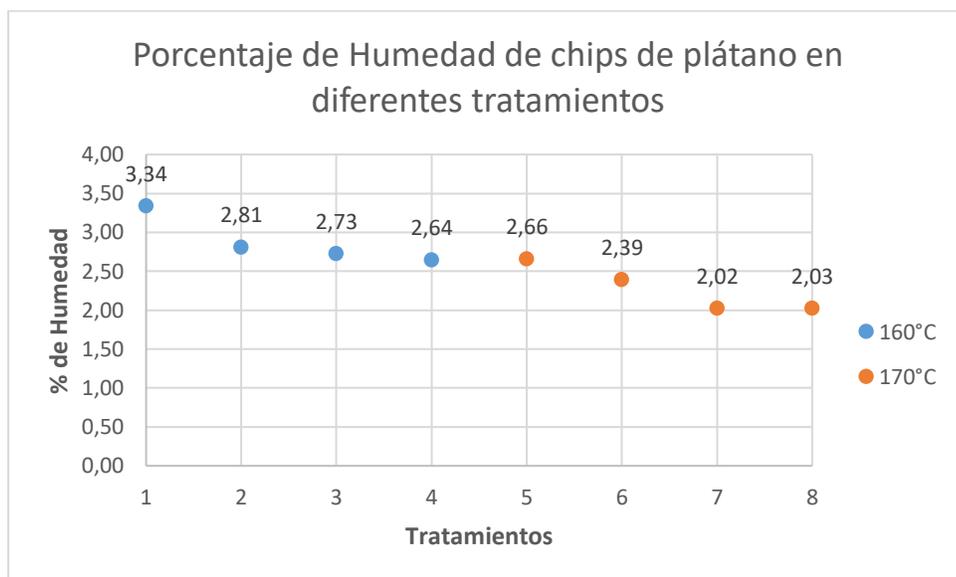
De los resultados obtenidos por el análisis de varianza (ANOVA) se concluye que no existieron diferencias significativas entre las variedades con respecto a la variable  $A_w$  (ver Apéndice E, tabla E.5). La humedad inicial del alimento tiene una alta relación con la absorción del aceite en el producto, tal como (Alvis et al., 2016) indican en su estudio, el fenómeno se relaciona con las grietas o poros que quedan en el alimento después de haberse evaporado la humedad que se encontraba en él. Se puede observar en la tabla 3.1 que el porcentaje de humedad se encontraba entre un rango de 60 a 62 %, similar al estudio de (Quiceno et al., 2014), donde la humedad varió entre 58 a 65 %. Según el ANOVA realizado para estos datos, no existieron diferencias significativas entre las variedades (ver Apéndice E, tabla E.6), lo cual indica que cualquiera de las variedades es adecuado para la producción de snacks.

También podemos observar la diferencia en el porcentaje de humedad de los chips de las variedades. El valor mínimo de humedad fue de 2,50 %, mientras que el valor máximo fue de 2,87 %. Según NTE INEN 2561: 2010 para Bocaditos de Productos Vegetales (snacks) (INEN, 2010), el valor máximo permitido es de 5% de humedad lo cual indicó que los productos cumplieron los requisitos de calidad. De los resultados obtenidos por el ANOVA se concluye que si existieron diferencias significativas entre las medias de los datos de humedad de cada variedad (ver Apéndice E, tabla E.7). Acorde a lo indicado por (Diaz et al., 1999) donde hubo una diferencia significativa entre variedades de plátano con respecto a la humedad del producto final. Los resultados obtenidos sugieren, que la variedad Dominico tiene una menor humedad, lo cual es importante para los estándares de calidad del producto.

Con respecto a la dureza, la tabla 3.1 muestra que la variedad Dominico tuvo una mayor dureza que las otras variedades. También se puede observar una relación inversamente proporcional entre el % de humedad de los chips y la dureza. Un comportamiento similar se observó en el estudio en el estudio de (Prasad et al., 2013) donde a menor % de humedad mayor dureza presentaban los chips. Sin embargo, el ANOVA realizado para los datos de dureza indicó que no había diferencias significativas (ver Apéndice E, tabla

E.8), es decir, que cualquiera de las variedades puede ser utilizada para obtener una dureza aceptable.

### 3.2 Diseño de experimento: Efectos de tratamientos de tiempos y temperatura sobre la humedad y textura del snack de chips de plátano



**Figura 3.1 Efectos de los tratamientos en el % de humedad de chips de plátano [Elaboración propia]**

En los 8 tratamientos planteados, se observó una tendencia de disminución del porcentaje de humedad (Gráfico 3.1) (ver Apéndice F, tabla F.1). Según en ANOVA realizado, tanto la temperatura, como el tiempo de proceso y el tiempo de reposo tienen efectos significativos sobre las variables de respuesta (ver Apéndice G, tabla G.1).

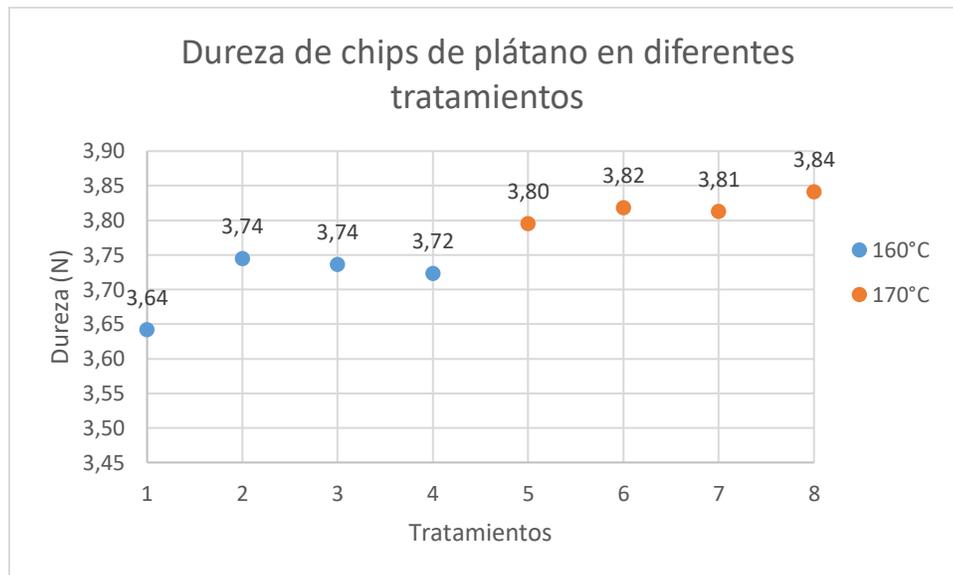
En la investigación de (Castillo et al., 2011) también hubo un efecto significativo del tiempo de proceso con relación al % de humedad, donde indicó que mientras más tiempo duraba el proceso, menor era el porcentaje de humedad. Esto se evidencia en los tratamientos 3 y 4 (160°C), 7 y 8 (170°C) donde los tiempos de proceso eran los mayores y la humedad menor (ver apéndice F, tabla F.1). Sin embargo, aunque estos valores fueran los más bajos hay que tener en cuenta que existe una relación entre tiempo y temperatura, donde según (Diaz et al., 1999) se pueden trabajar a temperaturas mayores con menores tiempos de proceso. Es decir que, no es necesario

aumentar los dos factores al mismo tiempo para alcanzar una humedad específica, ya que un aumento innecesario de temperatura o tiempo puede afectar las características sensoriales del producto. Un caso de estos, el aumento de la absorción de aceite que cambia la apariencia del producto a un producto embebido en aceite, como lo confirma la investigación de (Alvis et al., 2016), que indica que, al aumentar el tiempo de proceso, aumenta la absorción de aceite.

Con respecto a la temperatura de proceso, los tratamientos a una temperatura de 170°C presentaron un menor porcentaje de humedad como se puede observar en el gráfico 3.1. Similar a lo que se puede observar en los gráficos de (Diaz et al., 1999), donde el % de humedad entre 165°C y 185°C a tiempos cercanos a 3 minutos era menor que entre 145°C y 165°C, tomando en cuenta que ambos intervalos lograban bajar la humedad a menos del 4%.

Con respecto al tiempo de reposo, comparando los tratamientos con mismo tiempo y temperatura de proceso (ver Apéndice F, tabla F.1), se observó en el gráfico 3.1, que los tratamientos con tiempo de reposo de 2h (tratamientos 1, 3, 5 y 7), tuvieron una mayor humedad que los tratamientos con tiempo de reposo de 6h (2, 4, 6, y 8). Según (Viera Guerrero, 2005), el snack debe empacarse después de que el producto ya se encuentra frío. Esto tiene relación con la cantidad de producto que se encuentra enfriándose en un recipiente. En el caso de nuestro proyecto, 2 horas no eran suficientes para enfriar una cantidad de producto aproximada de 80 kg de snacks por lo cual la humedad es mayor en estas pruebas.

Los resultados obtenidos en este estudio sugieren que el tratamiento 6, con mayor temperatura (170°C), mayor tiempo de reposo (6h) y menor tiempo de proceso (3 min.) puede ser una opción para un producto de gran calidad fisicoquímica cuidando también las características sensoriales.



**Figura 3.2 Efectos de los tratamientos en la dureza de chips de plátano [Elaboración propia]**

Se observó una tendencia de aumento en la dureza de los chips desde el tratamiento 1 al tratamiento 8 (Gráfico 3.2) (ver Apéndice F, tabla F.1). Según en ANOVA realizado, solo la temperatura de los tratamientos fue significativa con respecto a la variable dureza (ver Apéndice G, tabla G.2). Esto concuerda parcialmente con el estudio de (Wani et al., 2017), donde se indicaba que tanto la temperatura como el tiempo de proceso afectaban a la dureza. Sin embargo, este estudio fue realizado en chips banano, por lo que pueden existir diferencias con respecto a la materia prima utilizada. De esta forma, de acuerdo con la temperatura del proceso, se podría escoger como tratamiento adecuado unos de los que se encuentran a 170°C (tratamientos 5, 6, 7 y 8). Asimismo, hay que tener en cuenta el análisis anterior con respecto a la absorción de aceite y el tiempo de proceso de los tratamientos. Es decir, que los últimos 2 tratamientos pueden tener las mejores características fisicoquímicas, pero con respecto al color o al contenido de grasa absorbida son indeseables, quedando así, como tratamiento recomendado el tratamiento 6.

### 3.3 Panel Sensorial: Características sensoriales de los chips de plátano

Los resultados obtenidos del panel sensorial se observan en el Apéndice D, que muestran los datos brutos obtenidos del panel sensorial y las gráficas obtenidas del programa Statgraphics 18. La tabla 3.2 muestra el significado de cada una de las muestras codificadas.

**Tabla 3.2 Muestras Decodificadas [Elaboración propia]**

<b>Muestra</b>	<b>Decodificación</b>
489	T:170°C - t:3min - t reposo:6h
347	T:160°C - t:3.5min - t reposo:6h
619	Barraganete
325	Dominico
237	Hartón

De los datos obtenidos, se calcularon los promedios de los puntajes de los 3 atributos analizados en el panel sensorial como se observan en la tabla 3.3, considerando las puntuaciones de los 36 panelistas para cada uno de los parámetros. De las 3 variedades (Dominico, Hartón y Barraganete), se observa que la muestra 325 (Variedad Dominico) tiene un mayor promedio en el atributo sensorial color y sabor, seguida de la muestra 619 (Variedad Barraganete) y finalmente la muestra 237 (Variedad Hartón), demostrando así que la mayoría de los panelistas prefieren la variedad Dominico. Al analizarse los resultados en el programa estadístico se obtiene que tanto para el color y sabor de las 3 muestras existen evidencias significativas, es decir que, si hay diferencia entre las muestras, a diferencia del atributo textura, ya que, que los panelistas no notaron mayor diferencia entre las 3 muestras. Se debe recalcar que, los panelistas puntuaron el atributo color de la forma en que ellos preferían, como consumidores nacionales, están acostumbrados a un color de chifle amarillo, sin embargo, para el mercado internacional, esta coloración debe tomarse en cuenta porque sus consumidores prefieren que el color sea amarillo claro, ya que un tono más oscuro a ese representa un producto quemado o no de buena calidad.

**Tabla 3.3 Puntuaciones sensoriales promedio de cada muestra [Elaboración propia]**

Atributo	Muestra				
	619	325	237	489	347
Color	5,64	6,25	5,58	6,22	5,69
Sabor	5,64	6,25	4,89	5,94	4,92
Textura	5,67	5,69	5,69	5,67	5,61

Así mismo, se evaluaron las mismas características sensoriales para los 2 tratamientos seleccionados (muestra 489 y 347), en donde se observó que, los panelistas puntuaron con un valor promedio de 6,22 el color de la muestra 489, siendo un promedio mayor que el de la 347, y sucede lo mismo con el atributo sabor entre estas 2 muestras, ya que los panelistas si encontraron diferencias significativas entre las muestras. Con respecto a la variable textura, no existen diferencias significativas entre las muestras por lo que los panelistas no notaron diferencia en la textura.

### 3.4 Vida Útil: Efectos de la degradación del snack de chips de plátano en las características fisicoquímicas

**Tabla 3.4 Efectos de la degradación en las características fisicoquímicas de los chips de plátano [Elaboración propia]**

Muestras	% Humedad		% de Reducción Humedad	Dureza (N)		% de Reducción Dureza	Índice de peróxido (meq O <sub>2</sub> /kg)		% de Aumento del índice de peróxido
	Día 0	Día 10		Día 0	Día 10		Día 0	Día 10	
D	2,50	1,77	29 %	3,763	3,689	2%	9,98	15,95	60%
B	2,84	2,32	18 %	3,728	3,644	2,3%	9,98	11,97	20%
H	2,87	2,61	9 %	3,726	3,629	2,6%	9,97	23,93	140%
6	2,39	1,76	27%	3,818	3,790	0,7%	7,97	7,99	0,25%

4	2,73	2,03	26%	3,736	3,717	0,5%	7,97	15,97	100%
---	------	------	-----	-------	-------	------	------	-------	------

**Tabla 3.5 Porcentaje de humedad de variedades a temperatura ambiente después de 1 mes de almacenamiento [Elaboración propia]**

<b>Variedades</b>	<b>% de Humedad</b>	<b>Dureza (N)</b>
D	2,69	3,695
B	2,82	3,655
H	2,94	3,646

El estudio de vida útil acelerado sirve para estimar el periodo de duración del producto final en un corto tiempo representando un tiempo mayor, en este caso se ha analizado en un periodo de 10 días que representan 2 meses en donde se han evaluado propiedades fisicoquímicas como humedad, dureza e índice de peróxido. En el día 0, la humedad de todas las muestras se mantiene en un valor menor al 3% siendo aceptable de acuerdo como lo establece la INEN 2561:2010. En la tabla 3.4, se puede observar una disminución en la humedad en todas las muestras, lo cual se atribuye al calentamiento a 60°C. Conforme aumentan los días, los valores de humedad disminuyen entre el 9 al 29% de humedad, en donde la variedad Dominico (D) obtuvo un mayor porcentaje de reducción de humedad, seguido del tratamiento 6 con un 26%, se debe especificar que tanto los tratamientos 4 y 6 fueron realizados con una mezcla de variedades de plátano no especificadas ni caracterizadas, por ser el que emplea la empresa en estudio; este resultado es contrario a lo que ocurre en un estudio a temperatura ambiente, lo que concuerda con la investigación de (Akubor & Adejo, 2000), donde durante el almacenamiento de chips de plátano durante 3 meses, la humedad aumentó.

La tabla 3.5 muestra los valores de humedad y dureza tomados cuando las muestras de las variedades tenían un mes de haber sido procesadas y mantenidas a temperatura ambiente, en donde se observa la misma tendencia con respecto al porcentaje de

humedad, siendo el más bajo para la variedad Dominico. Analizando los valores obtenidos de dureza en la tabla 3.4, se puede observar que no existe diferencia significativa entre los resultados de todas las muestras, el valor de reducción de dureza es menor para D y mayor para H, esto quiere decir que, al someter estas muestras a condiciones extremas como aumento de temperatura, existe un cambio en la textura del chifle en donde H, reduce su dureza en un 2,6%, mientras que D solo un 2 %. Entre el tratamiento 6 y el 4, el porcentaje de reducción de dureza es menor para la muestra 4, sin embargo, solo difieren en 0.2% con respecto a la muestra 6.

En la tabla 3.4 se observan los resultados obtenidos del estudio de vida útil acelerado desde el día 0 hasta el día 10, en donde, el día 10 representa 2 meses. De acuerdo con la INEN 2561:2010, el rango máximo permitido es de 10 meq O<sub>2</sub>/ kg, por lo tanto, en el día 0, todas las muestras cumplen con este valor máximo permitido, sin embargo, conforme se aumenta el tiempo de ensayo, podemos notar que en el día 10 el valor del índice de peróxido aumenta considerablemente en casi todas las muestras. Se debe recalcar que, el índice de peróxido aumenta al ser sometido a temperatura (60°C), no obstante, si observamos el tratamiento 6, el aumento del índice de peróxido es de 0,25%, cumpliendo con el valor máximo permitido que establece la normativa INEN, mientras que las demás muestras se encuentran en un rango de porcentaje de aumento desde el 20-140%. El tratamiento 4 y la muestra de la variedad Hartón, son las que presentan mayor porcentaje de aumento de índice de peróxido, siendo 100 y 140 % respectivamente. Esto quiere decir que después de simular un tiempo de anaquel de 2 meses, esas muestras tienen más probabilidad de aumentar el índice de peróxido, y esto en combinación con temperaturas elevadas y aumento del tiempo provoca rancidez oxidativa en el producto, de acuerdo con (Akubor & Adejo, 2000), el índice de peróxido aumentó en 3 meses de almacenamiento de 9 a 12,4 meq O<sub>2</sub>/kg, sin embargo, para que aparezca el sabor rancio debe presentar un valor de 30 meq O<sub>2</sub>/kg. Por lo tanto, la muestra óptima que a pesar de ser sometida a altas temperaturas es la del tratamiento 6.



### 3.5 Costos

La empresa en cuestión adquiere la materia prima pelada congelada a un precio de \$0.87/kg, para esta problemática se realiza la propuesta de comprar su propia materia prima (variedad Dominico) escogida según el análisis realizado, para la elaboración de snacks de plátano. Considerando que el precio del plátano es de \$0.20/kg, por lo que se analizan los costos de materia prima por día tanto de la empresa como de la propuesta mostrados en la tabla 3.6. Se debe tomar en cuenta que 1 plátano posee 50% de pulpa y 50% de cáscara, por lo que, para elaborar 3200 kg de chifles, se emplean 6400 kg de plátano verde.

**Tabla 3.6 Costos de materia prima de la empresa [Elaboración propia]**

	kg/h	kg/día	Total (\$)
<b>Empresa</b>	400	3200	5568.00

**Tabla 3.7 Costos de materia prima de la propuesta [Elaboración propia]**

	kg/h	kg/día	Total (\$)
<b>Propuesta</b>	400	3200	1280.00

Asumiendo un costo de mano de obra de \$15/día y considerando 4 personas para realizar la actividad de pelado, da un total de \$60 por día, como se observa en la tabla 3.7

**Tabla 3.8 Costos de mano de obra [Elaboración propia]**

<b>Costo Mensual de Mano de Obra</b>				
<b>Detalle</b>	Cantidad	Salario (\$)		Total por día (\$)
		Mensual	Día	
Mano de obra	4	300	15	60

Comparando el valor que gasta la empresa en materia prima que es de \$5568 con la propuesta que establecimos que es de \$1340 (materia prima + mano de obra), podemos observar que la propuesta planteada presenta costos 4 veces menores a los que tiene la empresa por día aproximadamente.

# CAPÍTULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 Conclusiones

- En conclusión, el proceso de estandarización es indispensable para cualquier tipo de proceso, en este caso para la industria alimenticia es de suma importancia, puesto que permite optimizar operaciones, mejorar rendimientos, disminuir costos de producción y llevar un proceso más ordenado y eficiente. En este caso, es primordial estandarizar no solo las etapas de producción sino también la materia prima que se emplea para la elaboración de los chips de plátano. De las tres variedades (Barraganete, Dominico y Hartón) que fueron caracterizadas se puede concluir que todas servirían como materia prima, sin embargo, como variedad óptima se establece que la variedad Dominico es la mejor ya que presenta menor porcentaje de humedad siendo éste un 2.5% al procesarse.
- Como mejora del proceso se realizó un diseño de experimentos en donde se emplearon diferentes temperaturas y tiempos de freído y también diferentes tiempos de reposo, dando como resultado 8 tratamientos de los cuales se seleccionaron 2 tratamientos que cumplían no solo con las propiedades fisicoquímicas sino también características sensoriales como sabor, olor y textura, siendo el color uno de los atributos más importantes para la empresa. El tratamiento 6 que corresponde a una temperatura de 170°C, con un tiempo de freído de 3 minutos y un tiempo de reposo de 6 horas fue el que mejor se ajustó a las necesidades del cliente, ya que cumplió con el porcentaje de humedad esperado (2.39%) y la apariencia del producto final fue aceptable para el consumidor.
- El estudio de vida útil acelerado permitió escoger la muestra que mejor se adaptó a condiciones extremas (T:60°C) y que cumplía con las necesidades del cliente que eran tener un bajo porcentaje de humedad, mantener la dureza y no aumentar el índice de peróxido conforme pasa el tiempo, por lo tanto, el tratamiento 6 presentó solo un 0,25% de incremento de índice de peróxido colocándose igual en el rango máximo permitido. Un snack de plátano tiene un tiempo de vida útil entre 6 y 8 meses

por lo que debe conservar sus atributos como color, sabor y textura. Tanto el dominico como la muestra del tratamiento 6 mostraron reducciones de humedad a los 10 días que representan 2 meses mayores al 20%. El panel sensorial realizado demostró que de 36 panelistas la mayoría mostró preferencia al tratamiento 6 del diseño de experimentos tanto para el color y sabor, mientras que el atributo textura no tuvo diferencia entre las muestras evaluadas, así mismo entre las 3 variedades, seleccionaron como mejor color y sabor al dominico, seguida del barraganete y finalmente el hartón.

## 4.2 Recomendaciones

- Es importante conocer la variedad empleada como materia prima para así tener conocimiento de las propiedades fisicoquímicas que posee.
- Con respecto a la etapa inicial del proceso, es indispensable que la materia prima sea obtenida con los °Brix apropiados ya que si el plátano está muy maduro provocará que el oscurecimiento del producto final por las reacciones de Maillard que ocurren debido a la cantidad de azúcares totales. Se recomienda realizar análisis de °Brix a la materia prima antes de que pase al proceso de cortado.
- Se debe emplear cuchillas siempre afiladas para darle la forma característica al chifle y en la cortadora se debe establecer el espesor de chifle (2-3 mm) para así conservar la uniformidad del producto final.
- Es importante recalcar que el tiempo de freído no debería durar más de 4 minutos, ya que causa que el producto se embeba y afecte a propiedades como el color y sabor.
- En el proceso de salado es preferible que la adición de sal se realice después del proceso de freído, ya que el chifle este húmedo por el aceite y la superficie permite que la sal se adhiera de mejor manera. Se debería usar una paleta para distribuir el aditivo por todo el producto en el caso de emplear un proceso en batch, si se realiza en el equipo continuo se debe establecer el porcentaje de sal a adicionarse para no obtener un producto final salado.
- Con el propósito de mejorar las características organolépticas y sensoriales es recomendable que el tiempo de reposo de los chifles sea mayor a 4 horas para que

permita que el producto final se enfríe por completo y no tenga problemas de humedad que conlleven a problemas de textura en éste.

- Es posible utilizar un ventilador para ayudar al proceso de enfriamiento, sin embargo, debe colocarse a una distancia de al menos 5 metros de los tachos con producto final para que el chifle no absorba mayor humedad del ambiente.
- A su vez, se debe revisar periódicamente cada uno de los tachos para asegurarse de que ya están fríos y se pueden cerrar hasta que pasen a la fase de envasado y etiquetado.
- No es recomendable que la funda de los tachos se abra y cierre repetidamente, por lo que es mejor que se abra solo para ser envasado.

# BIBLIOGRAFÍA

- AACC. (1999). Moisture - Air-Oven Methods 44-15.02. In *AACC International Approved Methods*. AACC International. <https://doi.org/10.1094/aaccintmethod-44-15.02>
- Agbemafle, R., Aggor-Woananu, S. E., & Dzameshie, H. (2017). Effect of Cooking Methods and Ripening Stages on the Nutritional Compositions of Plantain (*Musa Paradisiaca*). *International Journal of Food Science and Biotechnology*, 2(4), 134–140. <https://doi.org/10.11648/j.ijfsb.20170204.17>
- Akubor, P., & Adejo, E. (2000). Physicochemical, microbiological and sensory changes in stored plantain chips. *Plant Foods for Human Nutrition*, 55(1), 139-146.
- Alvis Bermúdez, A., Romero Barragan, P., & Arrazola Paternina, G. (2016). Pérdida de humedad y absorción de aceite durante fritura de tajadas de plátano. *Biología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 119-214. [https://doi.org/10.18684/BSAA\(14\)119-124](https://doi.org/10.18684/BSAA(14)119-124)
- Amah, D., Stuart, E., Mignouna, D., Swennen, R., & Teeken, B. (2021). End-user preferences for plantain food products in Nigeria and implications for genetic improvement. *International Journal of Food Science and Technology*, 56(3), 1148–1159. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14780>
- AOAC. (2012). Official Method 948.22. Fat (crude) in nuts and nut products. In *Official Methods of Analysis of AOAC International* (19th Edition). AOAC International.
- AOCS. (2017). *AOCS Official Method Cd 8b-90*.
- Bordin, K., Kunitake, M. T., Aracava, K. K., & Favaro Trindade, C. S. (2013). Changes in food caused by deep fat frying-A review. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 63(1), 5–13.
- BTSA. (2021). *Accelerated oxidation tests: the Schaal method*. <https://www.btsa.com/en/accelerated-oxidation-tests-the-schaal-method/>
- Castillo Viancha, K., Pérez Durán, I., & Díaz Ortiz, A. (2011). Efecto de la variedad de plátano en el proceso de fritura. Universidad del Valle, Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente. Cali, Colombia: Facultad de Ingeniería
- Cerros, E. U. (2021). *Conservación de alimentos por frío* (Primera Edición). Fiagro & ProInnova.

Delgadillo Cobos, D. I. (2014). *Estudio comparativo del rendimiento del plátano Barraganete vs plátano Dominicó*. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Delmoro, J., Muñoz, D., Nadal, V., & Pranzetti, V. (2010). El Color En Los Alimentos: Determinación De Color En Mieles. *Invenio*, 13(25), 145–152.

Diaz, A., Trystram, G., Vitrac, O., Dufour, D., & Raoult Wack, A. (1999). Kinetics of moisture loss and fat absorption during frying for different varieties of plantain. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79(1), 291-299.

El Universo. (2021, June 25). *La producción de 'snacks' de plátano se diversifica y entra a más de 10 países*. ECONOMÍA. <https://www.eluniverso.com/noticias/economia/la-produccion-de-snacks-de-platano-se-diversifica-y-entra-a-mas-de-10-paises-nota/>

Etana, M. B. (2018). Review on the effects of ethylene (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) on quality of fresh fruit and vegetable. The case of banana and tomato. *Basic Research Journals*, 6(5), 34–38. <https://www.researchgate.net/publication/332530794>

Falola, A. O., Olatidoye, O. P., & Olowe, A. A. (2014). Shelf Life Extension Studies of Fried Plantain Chips Treated with Crude Antioxidants Extracts of *Aframomum danielli*. *Asian Journal of Agriculture and Food Sciences*, 2(06), 560-565.

García, C., & Molina, M. (2008). Estimación de la vida útil de una mayonesa de la vida útil de una mayonesa mediante pruebas aceleradas. *Ingeniería*, 18, 57–64.

García, C., Molina, M., & Chacón, G. (2012). Evaluación De La Vida Útil De Una Pasta De Tomate Mediante Pruebas Aceleradas Por Temperatura. *Revista Ingeniería*, 21(2), 31–38. <https://doi.org/10.15517/ring.v21i2.2683>

Gotoh, N., & Wada, S. (2006). The importance of peroxide value in assessing food quality and food safety. *JAOCS, Journal of the American Oil Chemists' Society*, 83(5), 473–474. <https://doi.org/10.1007/s11746-006-1229-4>

INEN. (2010). *Bocaditos de Productos Vegetales. Requisitos*. NTE INEN 2561:2010. Quito, Ecuador: INEN.

INEN. (1978). *Determinación del índice de peróxido*. NTE INEN 277. Quito, Ecuador: INEN

Jaworska, D., & Hoffmann, M. (2008). Relative importance of texture properties in the sensory quality and acceptance of commercial crispy products. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88(2), :1804–1812. <https://doi.org/10.1002/jsfa>

- López, G. B., & Gómez Montaña, F. J. (2014). Propiedades funcionales del plátano *Musa* spp. *Rev. Med. UV*, 1(1), 22–26.
- Lucas A., J. C., Quintero C., V. D., Vasco Leal, J. F., & Mosquera A., J. D. (2012). Evaluación de los parámetros de calidad de chips en relación con diferentes variedades de plátano (*Musa paradisiaca* L.). *Revista Lasallista de Investigación*, 9(2), 65–74. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69525875009>
- Marcelino, L., González, V., & Ríos, D. (2012). *El cultivo de plátano (Musa paradisiaca L.) EN PANAMÁ* (Primera Edición).
- Martínez Cardozo, C., Cayón Salinas, G., & Ligarreto Moreno, G. (2016). Composición química y distribución de materia seca del fruto en genotipos de plátano y banano. *Corpoica Cienc Tecnol Agropecuaria*, 17(2), 217-227.
- Mathias-Rettig, K., & Ah-Hen, K. (2014). El color en los alimentos un criterio de calidad medible. *Agro Sur*, 42(2), 57–66. <https://doi.org/10.4206/agrosur.2014.v42n2-07>
- Montgomery, D. C. (2013). The 2k Factorial Design. In *Design and Analysis of Experiments: Vol. Chapter 6* (Eight Edition, pp. 233–292). John Wiley & Sons, Inc.
- MUNEXIFRUIT. (2019). *PLATANO BARRAGANETE*. <https://munexi.com/platano-verde-barraganete/>
- Passo Tsamo, C. V., Andre, C. M., Ritter, C., Tomekpe, K., Ngoh Newilah, G., Rogez, H., & Larondelle, Y. (2014). Characterization of *Musa* sp. fruits and plantain banana ripening stages according to their physicochemical attributes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(34), 8705–8715. <https://doi.org/10.1021/jf5021939>
- Paz, R., & Pesantez, Z. (2013). Potencialidad del plátano verde en la nueva matriz productiva del Ecuador. *Revista Científica YACHANA*, 2(2), 203–210.
- Prasad Borah, P., & Kumar Nayak, P. (2013). Quality Characteristics of Dried Jahajibanana Chips after Deep Fat Frying. *International Journal of Agriculture and Food Science Technology*, 4(9), 901-908.
- Quiceno, M. C., Giraldo, G. A., & Villamizar, R. H. (2014). Caracterización fisicoquímica del plátano (*Musa paradisiaca* sp. AAB, Simmonds) para la industrialización. *UGCiencias*, 48–54.
- Ramírez Céspedes, C., Tapia Fernández, A., & Calvo Brenes, P. (2010). Evaluación de la calidad de fruta de banano de altura que se produce en el cantón de Turrialba, Costa Rica.

Revista electrónica de las sedes regionales de la Universidad de Costa Rica, 11(20), 114-136.

Rymbai, H., Sharma, R. R., & Srivastav, M. (2011). Biocolorants and its implications in health and food industry - a review. *International Journal of PharmTech Research*, 3(4), 2228–2244.

Small, D. M. (2012). Flavor is in the brain. *Physiology and Behavior*, 107(4), 540–552. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2012.04.011>

Tamanna, N., & Mahmood, N. (2014). Food processing and maillard reaction products: Effect on human health and nutrition. *International Journal of Food Science*, 2015(1), 1–6. <https://doi.org/10.1155/2015/526762>

Udomkun, P., Swennen, R., Masso, C., Innawong, B., Kuate, A. F., Alakonya, A., & Vanlauwe, B. (2021). Influence of bunch maturation and chemical precursors on acrylamide formation in starchy banana chips. *International Journal of Food Science and Technology*, 56(10), 1–15. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15257>

Viera Guerrero, J. P. (2005). *Estabilidad del aceite de fritura de chifles*. Universidad de Piura.

Wani, S., Sharma, V., & Kumar, P. (2017). Effect of processing parameters on quality attributes of fried banana chips. *International Food Research Journal*, 24(4), 1407-1413.

Xiao, Y. Y., Kuang, J. F., Qi, X. N., Ye, Y. J., Wu, Z. X., Chen, J. Y., & Lu, W. J. (2018). A comprehensive investigation of starch degradation process and identification of a transcriptional activator MabHLH6 during banana fruit ripening. *Plant Biotechnology Journal*, 16(1), 151–164. <https://doi.org/10.1111/pbi.12756>

Zhang, N., Li, Y., Wen, S., Sun, Y., Chen, J., Gao, Y., Sagymbek, A., & Yu, X. (2021). Analytical methods for determining the peroxide value of edible oils: A mini-review. *Food Chemistry*, 358(April), 129834. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129834>

# **APÉNDICES**

# APÉNDICE A

## Encuestas

### Snacks de Chifles

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

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

#### Instrucciones

En esta evaluación sensorial se presentan 2 muestras de snacks de chifles de plátano verde. Por favor prueba las 2 muestras en el orden presentado, iniciando de izquierda a derecha. Indique el grado en el que le disgusta o gusta el atributo evaluado (color, sabor, textura) escribiendo el puntaje en cada uno de ellos. Si tiene alguna duda, preguntar al encargado.

**Importante:** Enjuaga tu boca con agua antes de empezar la prueba y después de probar cada muestra.

Puntaje	Escala
1	Me disgusta mucho
2	Me disgusta
3	Me disgusta ligeramente
4	Me es indiferente
5	Me gusta ligeramente
6	Me gusta
7	Me gusta mucho

Muestra 1			
Código	Color	Sabor	Textura

Muestra 2			
Código	Color	Sabor	Textura

Comentarios:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

# APÉNDICE B

## Encuesta #2

### Snacks de Chifles

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

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

#### Instrucciones

En esta evaluación sensorial se presentan 2 muestras de snacks de chifles de plátano verde. Por favor prueba las 2 muestras en el orden presentado, iniciando de izquierda a derecha. Indique el grado en el que le disgusta o gusta el atributo evaluado (color, sabor, textura) escribiendo el puntaje en cada uno de ellos. Si tiene alguna duda, preguntar al encargado.

**Importante:** Enjuaga tu boca con agua antes de empezar la prueba y después de probar cada muestra.

Puntaje	Escala
1	Me disgusta mucho
2	Me disgusta
3	Me disgusta ligeramente
4	Me es indiferente
5	Me gusta ligeramente
6	Me gusta
7	Me gusta mucho

Muestra 1			
Código	Color	Sabor	Textura

Muestra 2			
Código	Color	Sabor	Textura

Muestra 3			
Código	Color	Sabor	Textura

Comentarios:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## APÉNDICE C

<b>Panel sensorial</b> HOJA MAESTRA		Código de Hoja: 001								
# de Panelistas: 36										
<b>Condiciones</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Laboratorio de análisis sensorial con ambiente adecuado para análisis</li><li>• Limpieza de paladar con agua</li><li>• Tamaño de muestra: 5 chifles por panelista</li><li>• Temperatura de muestra: Ambiente (25-27°C)</li></ul>										
<b>Tipo de muestra:</b>	Snack de plátano (Chifle) de diferentes variedades									
<b>Tipo de prueba:</b>	Prueba de aceptabilidad con escala hedónica de siete niveles									
<b>Codificación</b>										
	<table border="1"><thead><tr><th>Codificación</th><th>Muestra</th></tr></thead><tbody><tr><td>619</td><td>Barraganete</td></tr><tr><td>325</td><td>Dominico</td></tr><tr><td>237</td><td>Hartón</td></tr></tbody></table>	Codificación	Muestra	619	Barraganete	325	Dominico	237	Hartón	
Codificación	Muestra									
619	Barraganete									
325	Dominico									
237	Hartón									
<b>Instrucciones</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Rotular 3 bandejas para cada panelista.</li><li>2. Colocar las muestras correspondientes en cada bandeja</li><li>3. Servir las bandejas con las muestras</li><li>4. Presentarse a los panelistas y dar instrucciones</li><li>5. Verificar que las hojas de cada panelista hayan sido llenadas y dar incentivo.</li></ol>										

**Panel sensorial**  
**HOJA MAESTRA**

# de Panelistas: 36

Código de Hoja: 002

**Condiciones**

- Laboratorio de análisis sensorial con ambiente adecuado para análisis
- Limpieza de paladar con agua
- Tamaño de muestra: 5 chifles por panelista
- Temperatura de muestra: Ambiente (25-27°C)

**Tipo de muestra:** Snack de plátano (Chifle) con diferentes tratamientos térmicos  
**Tipo de prueba:** Prueba de aceptabilidad con escala hedónica de siete niveles

**Codificación**

<b>Codificación</b>	<b>Muestra</b>
489	T:170°C - t: 3min – t reposo: 6h
347	T:160°C - t: 3.5min – t reposo:6h

**Instrucciones**

1. Rotular 2 bandejas para cada panelista.
2. Colocar las muestras correspondientes en cada bandeja
3. Servir las bandejas con las muestras
4. Presentarse a los panelistas y dar instrucciones
5. Verificar que las hojas de cada panelista hayan sido llenadas y dar incentivo.

## APÉNDICE D

Tabla D.1 de datos brutos de la muestra 489

Muestra 489	Color	Sabor	Textura
1	7	6	5
2	7	6	7
3	6	7	6
4	6	6	7
5	7	5	6
6	6	6	7
7	6	7	5
8	7	7	5
9	6	6	6
10	7	6	6
11	6	6	6
12	6	6	4
13	7	6	6
14	5	5	5
15	5	7	7
16	6	7	6
17	6	7	7
18	5	6	6
19	6	7	4
20	5	5	4
21	7	6	7
22	6	6	5
23	7	5	4
24	6	6	5
25	7	7	7
26	6	6	6
27	5	5	5
28	6	6	4
29	7	6	4
30	7	6	6
31	6	5	6
32	6	5	5
33	7	6	5
34	7	5	7
35	6	5	6
36	6	5	7

**Tabla D.2 de datos brutos de la muestra 347**

<b>Muestra 347</b>	<b>Color</b>	<b>Sabor</b>	<b>Textura</b>
1	5	4	5
2	6	4	3
3	6	5	3
4	4	6	7
5	6	4	6
6	6	5	7
7	4	6	7
8	6	5	7
9	6	5	5
10	7	7	7
11	6	6	7
12	5	3	5
13	4	3	5
14	6	5	6
15	4	5	6
16	5	6	6
17	5	2	6
18	6	5	6
19	5	5	7
20	5	6	6
21	5	7	7
22	4	5	3
23	7	6	6
24	6	4	6
25	7	7	7
26	5	6	4
27	6	5	5
28	6	5	7
29	7	5	4
30	7	5	5
31	7	3	4
32	7	5	6
33	5	4	4
34	6	5	7
35	6	4	4
36	7	4	6

**Tabla D.3 de datos brutos de la muestra 619**

<b>Muestra 619</b>	<b>Color</b>	<b>Sabor</b>	<b>Textura</b>
1	5	5	4
2	4	7	6
3	5	7	5
4	3	6	6
5	6	7	5
6	4	5	5
7	6	7	6
8	6	7	5
9	7	5	6
10	3	7	4
11	4	7	4
12	7	7	5
13	4	7	5
14	7	6	7
15	4	5	5
16	6	7	5
17	7	7	6
18	7	7	7
19	6	5	7
20	7	6	7
21	5	5	6
22	5	7	7
23	6	6	6
24	7	7	7
25	5	7	7
26	5	7	5
27	6	5	5
28	4	7	5
29	5	5	5
30	7	7	6
31	7	7	6
32	7	6	6
33	6	5	7
34	6	6	6
35	7	5	5
36	7	6	5

**Tabla D.4 de datos brutos de la muestra 325**

<b>Muestra 325</b>	<b>Color</b>	<b>Sabor</b>	<b>Textura</b>
1	6	5	5
2	6	7	6
3	7	7	6
4	6	6	6
5	6	6	6
6	6	6	7
7	6	6	6
8	6	5	6
9	7	7	6
10	6	5	4
11	4	4	4
12	7	5	6
13	7	4	6
14	7	7	7
15	7	4	3
16	6	7	5
17	7	7	5
18	7	7	3
19	6	6	6
20	6	6	7
21	7	5	6
22	6	5	7
23	6	4	6
24	6	4	6
25	6	7	7
26	7	5	6
27	6	5	6
28	7	7	3
29	7	6	6
30	7	7	7
31	6	4	3
32	6	6	6
33	6	6	6
34	5	5	7
35	6	6	7
36	5	4	6

**Tabla D.5 de datos brutos de la muestra 237**

<b>Muestra 237</b>	<b>Color</b>	<b>Sabor</b>	<b>Textura</b>
1	5	4	5
2	5	4	5
3	6	4	5
4	6	4	5
5	6	5	5
6	6	5	7
7	6	5	5
8	6	4	5
9	7	7	6
10	7	4	6
11	4	7	6
12	4	5	6
13	5	4	6
14	4	5	5
15	4	4	5
16	7	5	6
17	7	5	5
18	5	6	5
19	6	5	6
20	7	4	6
21	4	5	6
22	6	6	7
23	6	5	6
24	6	7	6
25	6	7	5
26	6	4	5
27	5	6	5
28	5	6	6
29	5	4	5
30	7	4	6
31	6	4	6
32	5	4	5
33	5	5	7
34	6	4	7
35	5	5	6
36	5	4	7

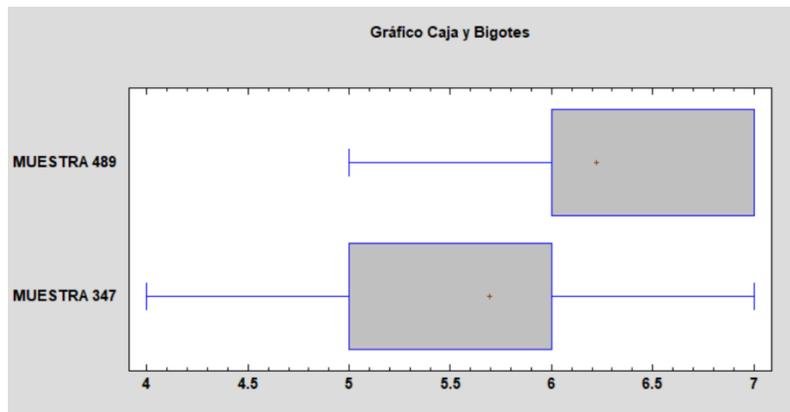


Gráfico D.1 de caja bigotes con la variable color de las 2 muestras seleccionadas

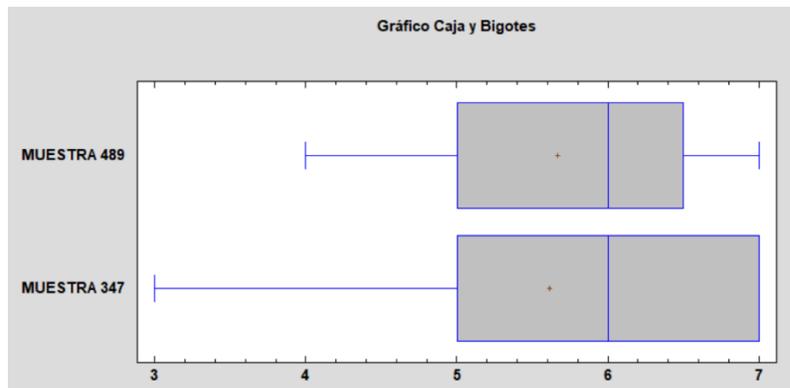


Gráfico D.2 de caja bigotes con la variable textura de las 2 muestras seleccionadas

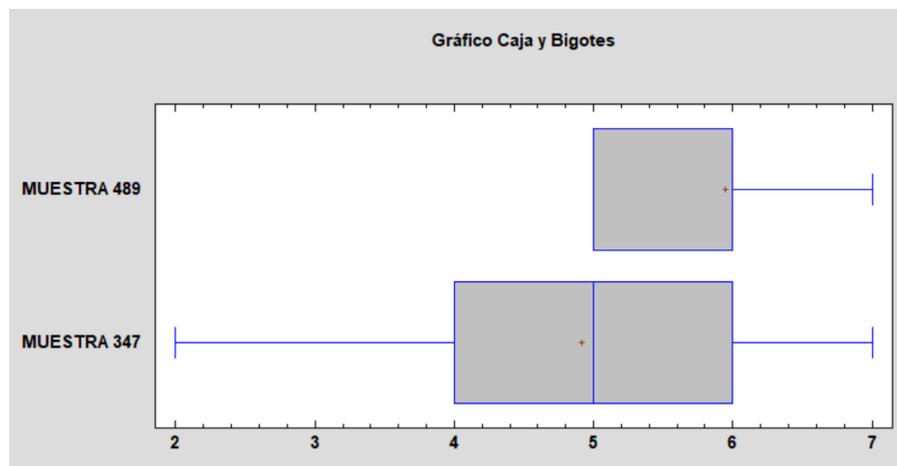


Gráfico D.3 de caja bigotes con la variable sabor de las 2 muestras seleccionadas

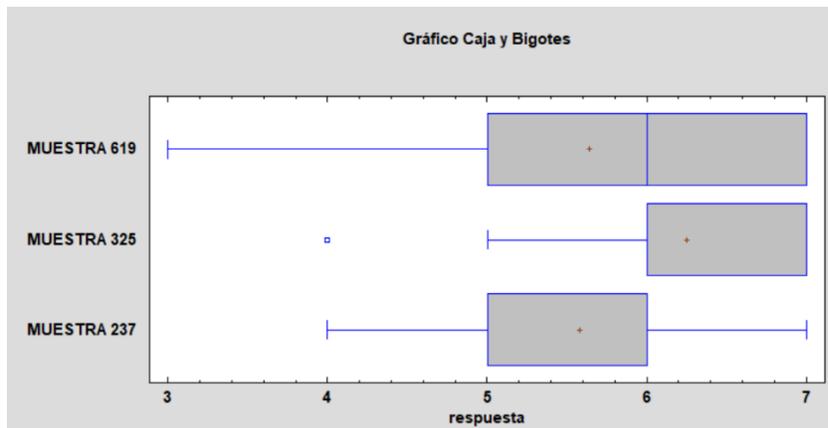


Gráfico D.4 de caja bigotes con la variable color de las 3 variedades analizadas

Tabla D.12 Pruebas de múltiples rangos

Método: 95.0 porcentaje LSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
MUESTRA 237	36	5.58333	X
MUESTRA 619	36	5.63889	X
MUESTRA 325	36	6.25	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
MUESTRA 619 - MUESTRA 325	*	-0.611111	0.464689
MUESTRA 619 - MUESTRA 237		0.0555556	0.464689
MUESTRA 325 - MUESTRA 237	*	0.666667	0.464689

\* indica una diferencia significativa.

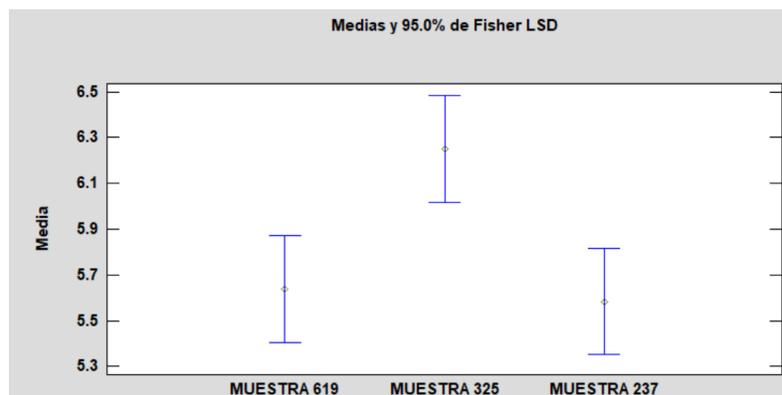


Gráfico D.5 de Medias

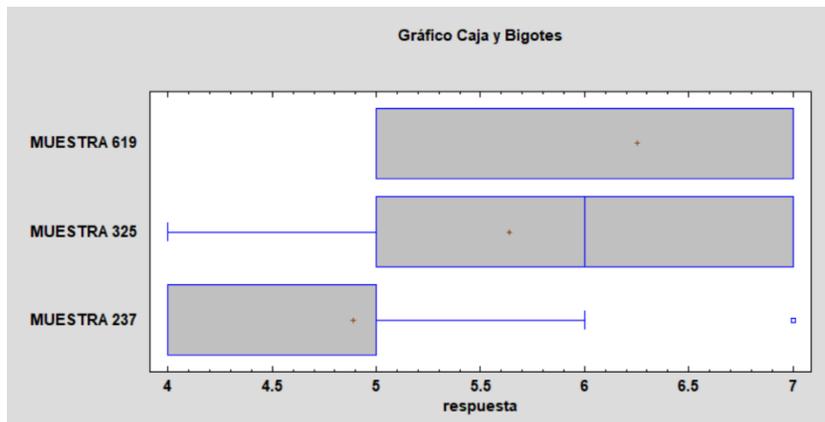


Gráfico D.6 de caja bigotes con la variable sabor de las 3 variedades analizadas

Tabla D.13 Pruebas de múltiples rangos

Método: 95.0 porcentaje LSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
MUESTRA 237	36	4.88889	X
MUESTRA 325	36	5.63889	X
MUESTRA 619	36	6.25	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
MUESTRA 619 - MUESTRA 325	*	0.611111	0.466489
MUESTRA 619 - MUESTRA 237	*	1.36111	0.466489
MUESTRA 325 - MUESTRA 237	*	0.75	0.466489

\* indica una diferencia significativa.

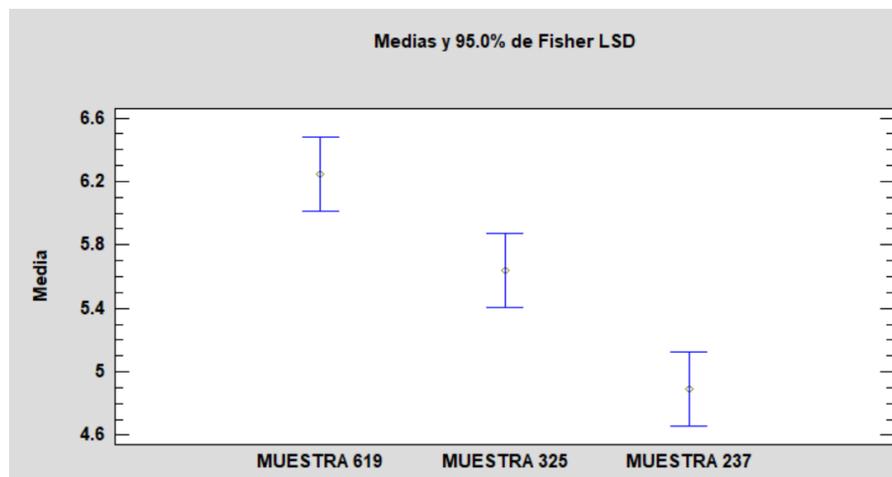


Gráfico D.7 de Medias

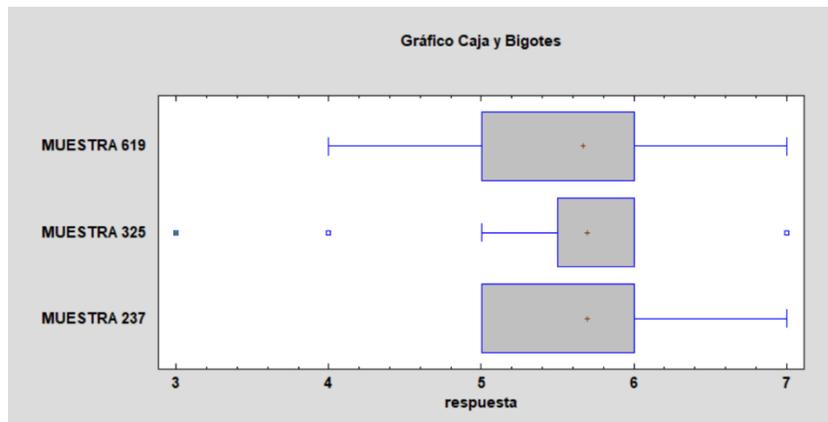


Gráfico D.8 de caja bigotes con la variable textura de las 3 variedades analizadas

Tabla D.14 Pruebas de múltiples rangos

Método: 95.0 porcentaje LSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
MUESTRA 619	36	5.66667	X
MUESTRA 325	36	5.69444	X
MUESTRA 237	36	5.69444	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
MUESTRA 619 - MUESTRA 325		-0.0277778	0.454442
MUESTRA 619 - MUESTRA 237		-0.0277778	0.454442
MUESTRA 325 - MUESTRA 237		0	0.454442

\* indica una diferencia significativa.

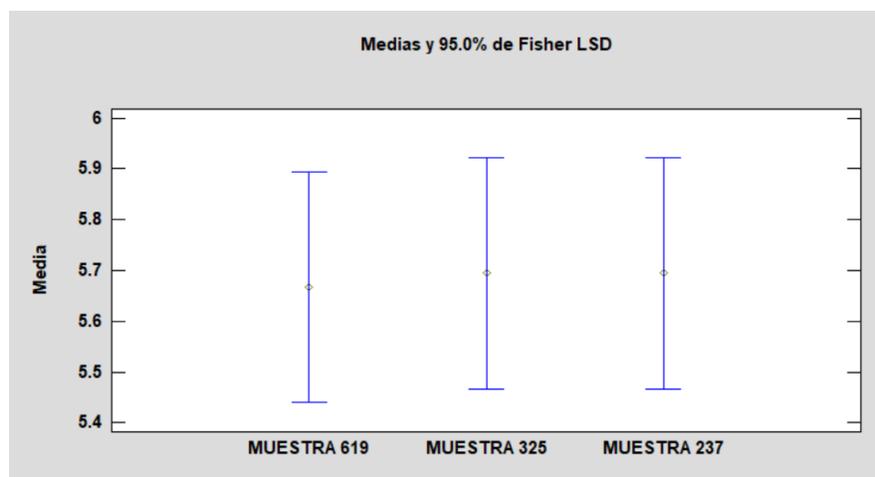


Gráfico D.9 de Medias

## APÉNDICE E

**Tablas E.1 de propiedades fisicoquímicas de diferentes variedades de plátano no procesadas (crudo)**

<b>DOMINICO</b>			
	Grados Brix	% de Humedad	Aw
Muestra 1	2	63,26	0,99
Muestra 2	1,98	60,01	0,998
Muestra 3	2,3	60,4	0,99
<b>Media</b>	<b>2,09</b>	<b>61,22</b>	<b>0,993</b>

<b>BARRAGANETE</b>			
	Grados Brix	% de Humedad	Aw
Muestra 1	2,3	60,48	0,99
Muestra 2	2,3	60	0,99
Muestra 3	2,4	60,52	0,992
<b>Media</b>	<b>2,33</b>	<b>60,33</b>	<b>0,991</b>

<b>HARTON</b>			
	Grados Brix	% de Humedad	Aw
Muestra 1	2,2	61,99	0,99
Muestra 2	3,1	61,37	0,991
Muestra 3	2,2	61,94	0,99
<b>Media</b>	<b>2,5</b>	<b>61,77</b>	<b>0,990</b>

**Tabla E.2 % de humedad de diferentes variedades de plátano procesadas (chips)**

<b>Variedades</b>	<b>% de Humedad</b>	<b>Media</b>
Dominico	2,42	<b>2,50</b>
	2,58	
	2,51	
Barraganete	2,9	<b>2,84</b>
	2,85	
	2,77	
Hartón	2,95	<b>2,87</b>
	2,85	
	2,81	

**Tabla E.3 Dureza de diferentes variedades de plátano procesadas (chips)**

	Variedad		
	Dominico	Barraganete	Hartón
Dureza	3,716	3,772	3,701
	3,758	3,659	3,755
	3,814	3,754	3,723
	<b>3,763</b>	<b>3,728</b>	<b>3,726</b>

**Tabla E.4 ANOVA de variedades de plátano no procesado (crudo) para la variable de respuesta °Brix**

Univariate Tests of Significance for °Brix (Spreadsheet16)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	<b>47,97871</b>	<b>1</b>	<b>47,97871</b>	<b>471,2008</b>	<b>0,000001</b>
Variedades	0,25076	2	0,12538	1,2313	0,356394
Error	0,61093	6	0,10182		

**Tabla E.5 ANOVA de variedades de plátano no procesado (crudo) para la variable de respuesta Aw**

Univariate Tests of Significance for Aw (Spreadsheet16)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	<b>8,842693</b>	<b>1</b>	<b>8,842693</b>	<b>1153395</b>	<b>0,000000</b>
Variedades	0,000010	2	0,000005	1	0,567664
Error	0,000046	6	0,000008		

**Tabla E.6 ANOVA de variedades de plátano no procesado (crudo) para la variable de respuesta % de Humedad**

Univariate Tests of Significance for Humedad (Spreadsheet16)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	<b>33607,44</b>	<b>1</b>	<b>33607,44</b>	<b>30083,65</b>	<b>0,000000</b>
Variedades	3,14	2	1,57	1,41	0,315632
Error	6,70	6	1,12		

**Tabla E.7 ANOVA de variedades de plátano procesado (chips) para la variable de respuesta % de humedad**

Effect	Univariate Tests of Significance for Humedad PF (Spreadsheet16) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	67,45884	1	67,45884	12701,46	0,000000
Variedades	0,24869	2	0,12434	23,41	0,001465
Error	0,03187	6	0,00531		

**Tabla E.8 ANOVA de variedades de plátano procesado (chips) para la variable de respuesta dureza**

Effect	Univariate Tests of Significance for Dureza (N) (Spreadsheet7) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	125,8286	1	125,8286	55179,90	0,000000
Variedades	0,0025	2	0,0013	0,55	0,604115
Error	0,0137	6	0,0023		

## APÉNDICE F

**Tabla F.1 % de Humedad y Dureza de diferentes tratamientos en chips de plátano**

Tratamientos	Temperatura (°C)	Tiempo de proceso (min.)	Tiempo de reposo (h.)	Humedad (%)	Media Humedad	Dureza (N)	Media Dureza
1	160	3	2	3,09	3,34	3,628	3,64
				3,57		3,673	
				3,36		3,624	
2	160	3	6	2,93	2,81	3,673	3,74
				2,77		3,849	
				2,73		3,712	
3	160	3,5	2	2,78	2,73	3,756	3,74
				2,8		3,707	
				2,61		3,746	
4	160	3,5	6	2,54	2,64	3,761	3,72
				2,43		3,697	
				2,96		3,712	
5	170	3	2	2,65	2,66	3,78	3,80
				2,83		3,795	
				2,49		3,81	
6	170	3	6	2,3	2,39	3,82	3,82
				2,36		3,859	
				2,52		3,776	
7	170	3,5	2	2,04	2,02	3,8	3,81
				1,95		3,81	
				2,08		3,829	
8	170	3,5	6	1,99	2,03	3,82	3,84
				1,99		3,834	
				2,1		3,869	

## APÉNDICE G

**Tabla G.1 ANOVA del diseño de experimentos para la variable humedad**

Effect	Univariate Tests of Significance for Humedad (%) (Spreadsheet D Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition)				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	159,4957	1	159,4957	6117,783	0,000000
T (°C)	2,2022	1	2,2022	84,470	0,000000
tp (min.)	1,1837	1	1,1837	45,403	0,000005
tr (h.)	0,2882	1	0,2882	11,055	0,004289
T (°C)*tp (min.)	0,0187	1	0,0187	0,717	0,409477
T (°C)*tr (h.)	0,0477	1	0,0477	1,830	0,194960
tp (min.)*tr (h.)	0,1890	1	0,1890	7,251	0,016008
T (°C)*tp (min.)*tr (h.)	0,0117	1	0,0117	0,449	0,512395
Error	0,4171	16	0,0261		

**Tabla G.2 ANOVA del diseño de experimentos para la variable textura**

Effect	Univariate Tests of Significance for Textura (N) (Spreadsheet Dise Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition)				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	340,0548	1	340,0548	196015,8	0,000000
T (°C)	0,0666	1	0,0666	38,4	0,000013
tp (min.)	0,0049	1	0,0049	2,8	0,113152
tr (h.)	0,0075	1	0,0075	4,3	0,054172
T (°C)*tp (min.)	0,0004	1	0,0004	0,2	0,637531
T (°C)*tr (h.)	0,0006	1	0,0006	0,3	0,577594
tp (min.)*tr (h.)	0,0046	1	0,0046	2,7	0,121174
T (°C)*tp (min.)*tr (h.)	0,0055	1	0,0055	3,1	0,095078
Error	0,0278	16	0,0017		

**Tabla G.3 R<sup>2</sup> del diseño de experimentos**

Dependent Variable	Test of SS Whole Model vs. SS Residual (Spreadsheet Diseño Exp. Tesis in Humedad-Textura Nuevos Datos)										
	Multiple R	Multiple R <sup>2</sup>	Adjusted R <sup>2</sup>	SS Model	df Model	MS Model	SS Residual	df Residual	MS Residual	F	p
Humedad (%)	0,950943	0,904292	0,862420	3,941262	7	0,563037	0,417133	16	0,026071	21,59645	0,000001
Textura (N)	0,874238	0,764292	0,661169	0,090004	7	0,012858	0,027757	16	0,001735	7,41150	0,000471

## APÉNDICE H

**Tabla H.1 Características fisicoquímicas de los tratamientos en prueba de vida útil acelerada**

Tratamientos	Datos antes de la prueba de vida util acelerado (Día 0)				Datos después de la prueba de vida util acelerado (Día 10)			
	% Humedad	Promedio Humedad	Dureza (N)	Promedio Dureza	% Humedad	Promedio Humedad	Dureza (N)	Promedio Dureza
6	2,3	2,39	3,82	3,818	1,87	1,76	3,839	3,790
	2,36		3,859		1,6		3,82	
	2,52		3,776		1,8		3,712	
4	2,78	2,73	3,756	3,736	1,85	2,03	3,685	3,717
	2,8		3,707		2,03		3,677	
	2,61		3,746		2,21		3,79	

**Tabla H.2 Características fisicoquímicas de las variedades en prueba de vida útil acelerada**

Variedades	Datos antes de la prueba de vida util acelerado (Día 0)				Datos después de la prueba de vida util acelerado (Día 10)			
	% Humedad	Promedio Humedad	Dureza (N)	Promedio Dureza	% Humedad	Promedio Humedad	Dureza (N)	Promedio Dureza
Dominico	2,42	2,50	3,716	3,763	1,51	1,77	3,677	3,689
	2,58		3,758		1,93		3,766	
	2,51		3,814		1,88		3,624	
Barraganete	2,9	2,84	3,772	3,728	2,21	2,32	3,602	3,644
	2,85		3,659		2,5		3,649	
	2,77		3,754		2,25		3,68	
Hartón	2,95	2,87	3,701	3,726	2,56	2,61	3,673	3,629
	2,85		3,755		2,81		3,643	
	2,81		3,723		2,46		3,57	