



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE  
OSMOSHIDRATACIÓN Y DESHIDRATACIÓN CONVECTIVA  
DE LA VARIEDAD DE PIÑA SAMBA DE CHANCHAMAYO  
(Ananas comosus L. mer cv. Samba de Chanchamayo)**

**PRESENTADA POR  
DALIA PARRA PALACIOS**

**ASESOR**

**MANUEL BALLENA GONZALES**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA EN INDUSTRIAS  
ALIMENTARIAS**

**LIMA – PERÚ**

**2020**



**CC BY-NC-SA**

**Reconocimiento – No comercial – Compartir igual**

El autor permite transformar (traducir, adaptar o compilar) a partir de esta obra con fines no comerciales, siempre y cuando se reconozca la autoría y las nuevas creaciones estén bajo una licencia con los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



**USMP**  
UNIVERSIDAD DE  
SAN MARTÍN DE PORRES

FACULTAD DE  
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS  
ALIMENTARIAS**

**DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE OSMODESHIDRATACIÓN Y  
DESHIDRATACIÓN CONVECTIVA DE LA VARIEDAD DE PIÑA SAMBA DE  
CHANCHAMAYO (*Ananas comosus L. mer cv. Samba de Chanchamayo*)**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERA EN INDUSTRIAS  
ALIMENTARIAS**

**PRESENTADA POR**

**PARRA PALACIOS, DALIA**

**LIMA-PERÚ**

**2020**



A la razón de mi existencia, maestro por excelencia. Esta tesis va dedicada a Dios.

A mis amados padres, Julio y Martha; este logro no es mío, más bien es el reconocimiento a su gran amor y sobre todo al esfuerzo que hacen por sacarme adelante. Gracias por siempre desear y anhelar lo mejor para mi vida, gracias por cada consejo y por cada aliento que me permiten salir adelante. Gracias por su confianza y apoyo incondicional.

A mi hermano Frank, por siempre cuidarme y protegerme, así como formar en mí el deseo de superación en la vida.

A mi tía Irene Palacios, por su incansable apoyo moral para poder culminar la tesis.

A la Universidad de San Martín de Porres, mi alma mater, por haberme formado en sus aulas durante mis años de estudio, así como a todos los maestros que allí me impartieron sus conocimientos.

Al Ing. Manuel Ballena Gonzáles, por haberme brindado la oportunidad de recurrir a sus conocimientos, así también por el tiempo, motivación y paciencia para guiarme durante el desarrollo de la tesis.

Al Dr. Edy Barnett Mendoza, por su apoyo y orientación para la realización de las pruebas experimentales.

## ÍNDICE

	<b>Pág.</b>
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	xv
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 Descripción de la situación problemática o tema de interés	1
1.2 Formulación del problema	3
1.3 Objetivos	3
1.4 Justificación	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	6
2.1 Antecedentes de la investigación	6
2.2 Bases teóricas	8

CAPÍTULO III. DISEÑO METODOLÓGICO	20
3.1 Lugar de Ejecución	20
3.2 Materia prima e insumos	20
3.3 Equipos e instrumentos	21
3.4 Métodos de análisis	21
3.5 Metodología experimental para determinar parametros en la DO	23
3.6 Metodología experimental para determinar parámetros en la DAC	27
3.7 Evaluación sensorial	30
3.8 Diseño experimental	32
CAPITULO IV. RESULTADOS	34
4.1 Análisis proximal de la piña Samba de Chanchamayo	34
4.2 Análisis fisicoquímico de la piña Samba de Chanchamayo	35
4.3 Evaluaciones de las pérdidas de peso (PP) y ganancia de sólidos solubles (GSS) producidos durante el tratamiento osmótico	36
4.4 Proceso de secado convectivo	46
4.5 Evaluación sensorial	52
4.6 Caracterización del producto	58
CAPITULO V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	60
5.1 Análisis proximal de la pulpa de piña Samba de Chanchamayo	60
5.2 Análisis fisicoquímico de la pulpa de piña Samba de Chanchamayo	61
5.3 Cinética de deshidratación osmótica de la piña	62
5.4 Cinética de la deshidratación osmoconvectiva de la piña Samba en rodajas	68



5.5	Análisis sensorial	72
5.6	Caracterización del producto	75
CONCLUSIONES		78
RECOMENDACIONES		81
FUENTES DE INFORMACIÓN		82
ANEXOS		91

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1.</b> Producción, superficie de cosecha, rendimiento y precio en chacra de piña en el Perú – 2017	9
<b>Tabla 2.</b> Composición fisicoquímica	10
<b>Tabla 3.</b> Ventajas y desventajas en la deshidratación osmótica	16
<b>Tabla 4.</b> Muestras de tratamientos osmóticos utilizados en la evaluación sensorial	31
<b>Tabla 5.</b> Muestras de tratamiento convectivo utilizados en la evaluación sensorial	32
<b>Tabla 6.</b> Resultado proximal de la piña Samba de Chanchamayo (pulpa) en g/100g	35
<b>Tabla 7.</b> Resultado proximal de la piña Samba de Chanchamayo (pulpa) en g/100g	35
<b>Tabla 8.</b> Resultado de las variaciones de pérdida de peso y ganancia de sólidos solubles durante el tratamiento osmótico a 50° C	36
<b>Tabla 9.</b> Resultados de las variaciones de pérdida de peso y ganancia de sólidos solubles durante el tratamiento osmótico a 60°C	40
<b>Tabla 10.</b> Resultados de las variaciones de pérdida de peso y ganancia de sólidos solubles durante el tratamiento osmótico a 70°C	43
<b>Tabla 11.</b> Valores de velocidad de secado constante	50

<b>Tabla 12.</b> Resultados de evaluación sensorial por atributo en la DO	54
<b>Tabla 13.</b> Resultados de evaluación sensorial por atributo en la DAC	57
<b>Tabla 14.</b> Resultados de análisis proximal y fisicoquímicos de piña Samba de Chanchamayo deshidratada por osmo-convección	59

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Curva de secado típica	14
<b>Figura 2.</b> Curva de velocidad de secado	14
<b>Figura 3.</b> Flujo de operaciones para la deshidratación DO y DAC	24
<b>Figura 4.</b> Diseño experimental de metodología	33
<b>Figura 5.</b> Porcentaje de pérdida de peso durante la DO a 50° C	38
<b>Figura 6.</b> Porcentaje de ganancia de sólidos solubles durante la DO a 50°C	39
<b>Figura 7.</b> Porcentaje de pérdida de peso durante la DO a 60°C	41
<b>Figura 8.</b> Porcentaje de ganancia de sólidos solubles durante la DO A 60°C	42
<b>Figura 9.</b> Porcentaje de pérdida de peso durante la DO a 70° C	45
<b>Figura 10.</b> Porcentaje de ganancia de sólidos durante la DOO A 70° C	45
<b>Figura 11.</b> Curvas de secado para la piña do a diferentes temperaturas	46
<b>Figura 12.</b> Velocidad de secado de piña DO 50° C	47
<b>Figura 13.</b> Velocidad de secado de piña DO 60° C	49
<b>Figura 14.</b> Representación gráfica para hallar coeficiente de difusividad a 60°C	51
<b>Figura 15.</b> Evaluación sensorial en la DO	53
<b>Figura 17.</b> Evaluación sensorial en la DAC	56

## RESUMEN

Esta tesis tiene como objetivo determinar los parámetros de la deshidratación osmótica y convectiva en el mejoramiento de las características sensoriales de la piña variedad Samba de Chanchamayo, para su comercialización en la presentación de fruta deshidratada; este proyecto encuentra su aceptación en la necesidad de mejorar las características sensoriales de la variedad de piña bajo análisis, puesto que su competitividad en el mercado es baja, debido a su característico sabor ácido y su forma cónica, poco manipulable.

Para realizar este proyecto fue necesario determinar los parámetros de la deshidratación osmótica (DO), para ello se tomaron en consideración dos factores que se interrelacionan: la concentración del agente osmótico (40, 50 y 60°Brix) y las temperaturas (50, 60 y 70°C). Asimismo, para la determinación de parámetros en la deshidratación convectiva se consideró como parámetro la temperatura de secado (50 y 60°C), y se realizó la evaluación sensorial del alimento deshidratado por osmo-convección con la finalidad de obtener el mejor producto. La metodología empleada fue cuantitativa experimental.

Se concluye que la piña Samba de Chanchamayo deshidratada por osmosis y secada por aire caliente, sí puede llegar al mercado en la presentación comercial de fruta deshidratada, a través de una deshidratación osmótica

utilizando una concentración de jarabe de sacarosa a 40°Brix y una temperatura de 60°C durante 4 horas, seguida por un secado convectivo a una temperatura de 60°C y durante 3.5 horas.

Palabras clave: piña, deshidratación osmótica, deshidratación convectiva, concentración, tiempo, temperatura

## **ABSTRACT**

This thesis aims to determine the parameters of osmotic and convective dehydration in the improvement of the sensory characteristics of the pineapple variety Samba de Chanchamayo, for commercialization in the presentation of dried fruit; this project finds its acceptance in the need to improve the sensory characteristics of the pineapple variety under analysis, since its competitiveness in the market is low, due to its characteristic acidic flavor and conical shape, little manipulable.

To carry out this project it was necessary to determine the parameters of osmotic dehydration (OJ), two factors that are interrelated were taken into account: the concentration of the osmotic agent (40, 50 and 60-Brix) and the temperatures (50, 60 and 70oC). Also, for the determination of parameters in convective dehydration, the drying temperature (50 and 60oC) was considered as a parameter, and the sensory assessment of osmo-convection-dehydrated food was carried out in order to obtain the best product. The methodology used was quantitative experimental.

It is concluded that the pineapple Samba of Chanchamayo dehydrated by osmosis and dried by hot air, can reach the market in the commercial presentation of dried fruit, through osmotic dehydration using a concentration of sucrose syrup at 40o Brix and a temperature of 60oC for 4 hours, followed by a convective drying at a temperature of 60oC and for 3.5 hours.

Keywords: pineapple, osmotic dehydration, convective dehydration, concentration, time, temperature



## INTRODUCCIÓN

El planteamiento de esta tesis fue presentado al corroborar la baja aceptación en el mercado del producto denominado piña variedad Samba de Chanchamayo (Junín), esta situación tiene su origen en el característico sabor ácido de esta fruta y en su forma cónica que es poco manipulable. Vista la problemática del alimento en cuestión, se propuso mejorar sus características organolépticas, para ello se planteó específicamente, someterla a un proceso de deshidratación combinada para determinar sus parámetros de deshidratación osmótica y convectiva, a fin de lograr su comercialización en la presentación de fruta deshidratada.

Para lograr el objetivo señalado, se investigaron una serie de antecedentes en Latinoamérica correspondientes a los diferentes tipos de deshidratación osmótica, convectiva y combinada en diferentes variedades de piña, de esta forma se corroboró que era necesario determinar los parámetros de la deshidratación osmótica (DO), que en este caso fueron: la concentración del agente osmótico (40, 50 y 60°Brix) y las temperaturas (50, 60 y 70°C); y el parámetro de la deshidratación convectiva, que fue: la temperatura de secado (50 y 60°C). Luego de analizar estos procesos, se realizaron dos evaluaciones sensoriales en base a la aceptación del público: la primera corresponde a la piña variedad Samba de Chanchamayo deshidratada por osmosis; y la segunda, a la piña variedad Samba de Chanchamayo deshidratada por convección.

La investigación realizada fue cuantitativa y de diseño experimental, para ello se empezó por realizar un análisis físico químico de la materia prima.

Asimismo, para determinar los parámetros de la deshidratación osmótica y del proceso de secado convectivo se empleó la metodología experimental; mientras que para calcular el periodo de secado de velocidad constante y decreciente se utilizó la metodología desarrollada por Geankopolis. Dentro de la metodología se consideró la evaluación sensorial a través de pruebas afectivas de satisfacción, las mismas que se dividieron en la selección del mejor tratamiento en la DO y en la deshidratación convectiva propiamente dicha.

El proyecto concluyó corroborando que la piña Samba de Chanchamayo deshidratada por osmosis y secada por aire caliente, sí puede llegar al mercado en la presentación comercial de fruta deshidratada, a través de una deshidratación osmótica utilizando una concentración de jarabe de sacarosa a 40°Brix y una temperatura de 60°C durante 4 horas, seguida por un secado convectivo a una temperatura de 60°C y durante 3.5 horas.

Finalmente, otras conclusiones relevantes de este proyecto fue en cuanto al análisis sensorial en donde el producto deshidratado osmóticamente preferido por los panelistas fue el tratamiento T4 (40°brix/60°C/4 horas.), el cual obtuvo en cuanto a apariencia general (no me gusta ni disgusta) y sabor (me gusta) la mayor aceptabilidad. Respecto al análisis sensorial en la deshidratación convectiva (posterior a la DO), el tratamiento con mayor aceptabilidad por los panelistas fue el T60 (secado a 60°C por 3.5hrs), obtenido valores en cuanto a atributo de apariencia general (me gusta), sabor (me gusta), color (me gusta) y textura (no me gusta ni me disgusta).

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA O FUNDAMENTACIÓN**

### **1.1 Situación problemática**

Según la Food and Agriculture Organization (FAO), la producción de piña sufrió cambios favorables en los últimos años, pasando a convertirse en una de las tres frutas más producidas a nivel mundial. Esto es en gran parte porque los consumidores están más conscientes de la importancia de una alimentación saludable, por ello cada vez se están produciendo alimentos más sanos que contribuyen a mantener el balance nutricional de los seres humanos.

Esta situación no es ajena en el Perú, según datos obtenidos del boletín estadístico SIEA (2017); la piña es la cuarta fruta con mayor producción nacional, después del plátano, mango y uva, además se estima que el 70% de la producción es consumida como fruta fresca (García et al, 2017), lo cual indica que en el mercado peruano, el procesamiento de piña con valor agregado es mínimo. En cuanto al volumen de producción nacional, Junín produce el 75% de la oferta. (MINAGRI, 2013).

En la provincia de Chanchamayo - Junín se produce en mayor cantidad la variedad Samba (criolla), seguido de la Golden MD-2. La

producción superior de la variedad Samba se debe a que no requiere de fertilizantes, no necesita de control de plagas ni tratamiento por inducción porque es rústica; a diferencia de la Golden que poseen un alto costo de producción. (MINAG, 2014).

A pesar de ser una fruta de bajo costo de producción, su uso está limitado solo al mercado interno, debido a sus dificultades para ser consumida por su sabor ácido y su forma cónica (García et al, 2017.), lo cual obstaculiza su manipulación en posibles procesos. Desde otro enfoque, Farfán (2009), menciona que las pérdidas de fruta fresca en el Perú, principalmente en la Selva Central, llegan a niveles de hasta 40%, la producción de piña Samba no es ajena a esta situación.

En este contexto, el siguiente trabajo permite evaluar la deshidratación por osmosis, seguida de una deshidratación por convección aplicada a la piña variedad Samba, como una propuesta alternativa para generar una oportunidad de valor agregado; puesto que con este proceso se puede lograr mejorar sus características sensoriales y conseguir la preservación de la piña; así mismo, este proyecto presenta una alternativa viable para disminuir las pérdidas producidas como fruta fresca y lograr su comercialización como “piña deshidratada” a precios accesibles.

Para ello, es necesario determinar los parámetros óptimos en la deshidratación osmótica y convectiva de la piña; con la finalidad de mejorar las características sensoriales del producto final, usando la variedad de piña “Samba de Chanchamayo”, cultivada en la provincia de Chanchamayo, departamento de Junín, a fin de lograr su comercialización en la presentación de fruta deshidratada y mejorar el ingreso de los agricultores

## 1.2 Formulación del problema

¿La deshidratación osmótica y convectiva mejora las características sensoriales de la piña variedad Samba de Chanchamayo, para su comercialización en la presentación de fruta deshidratada?

## 1.3 Objetivos

### a) Objetivo general

Determinar los parámetros de la deshidratación osmótica y convectiva en el mejoramiento de las características sensoriales de la piña variedad Samba de Chanchamayo, para su comercialización en la presentación de fruta deshidratada.

### b) Objetivos específicos

- Determinar la composición fisicoquímica de la piña Samba de Chanchamayo.
- Determinar los parámetros en el procesamiento de deshidratación osmótica y convectiva por aire caliente.
- Optimizar los parámetros del proceso para la obtención de piña deshidratada de la variedad Samba de Chanchamayo (*ananas comosus cv. Samba Chanchamayo*).
- Determinar las características fisicoquímicas y sensoriales de la piña Samba de Chanchamayo deshidratada.
- Evaluar la aceptabilidad de la piña Samba de Chanchamayo deshidratada por osmosis y aire caliente en relación a piña deshidratada que se oferta en el mercado nacional.

## **1.4 Justificación**

### **1.4.1 Importancia de la investigación**

La producción de piña deshidratada es una alternativa viable puesto que permite que parte de la comercialización de piña Samba en fresca, sea orientada a su comercialización con mayor valor agregado en la presentación de fruta deshidratada, esto mejora el ingreso de los agricultores involucrados en su producción y proceso, genera oferta de piña deshidratada en el mercado nacional a precios accesibles y refuerza la tendencia actual enfocada al consumo de alimentos saludables para la población.

Para ello, se utilizó la piña Samba de Chanchamayo, por presentar dificultades en su consumo debido a su sabor ácido y las complicaciones para su transformación por su tamaño y forma cónica.

### **1.4.2 Viabilidad o presupuesto**

#### **1.4.2.1 Viabilidad técnica**

La Facultad de Ingeniería y Arquitectura (FIA) cuenta con la infraestructura física y laboratorios implementados para el desarrollo de las actividades planteadas en este proyecto de investigación, de esta forma se asegura el cumplimiento del objetivo general que es determinar los parámetros de la deshidratación osmótica y convectiva, con la finalidad de mejorar las características sensoriales de la piña variedad Samba de Chanchamayo para su comercialización.

Así mismo, se cuenta con docentes con especialización en procesamientos de frutas y diversas plataformas que reportan trabajos de investigación relacionados con el procesamiento de osmodeshidratación de frutas.

#### **1.4.2.2 Viabilidad social**

El proyecto es beneficioso para los productores de este tipo de variedad de piña porque se busca que logren un producto derivado de su materia prima con mejores características sensoriales y por ende con una mayor posibilidad competitiva, de esta forma se contribuye con el mercado en general, puesto que se espera que los consumidores tengan al alcance un producto saludable y sensorialmente agradable.

#### **1.4.2.3 Viabilidad económica**

Dado que se cuenta con la infraestructura y laboratorios en la FIA, los gastos son reducidos y están orientados a la adquisición de materia prima, reactivos y análisis complementarios realizados en la USIL, mismo que son asumidos por el investigador.

#### **1.4.3 Alcances y limitaciones**

Este proyecto tiene como alcance la determinación y análisis de parámetros del proceso de osmodeshidratación y secado convectivo de la variedad de piña “Samba Chanchamayo”, y abarca una evaluación sensorial para la selección de los mejores parámetros.

Se identificó como limitación en el desarrollo del proyecto, la evaluación de vida útil de la piña Samba deshidratada.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes de la investigación**

Son escasos los trabajos de investigación referidos a la deshidratación de frutas en el país, no se encontraron trabajos de investigación aplicada a la deshidratación de la piña Samba de Chanchamayo. Se presentan a continuación trabajos de investigación relacionados durante los últimos diez años en Latinoamérica.

García, Muñiz, Hernández et al., publicaron el 2013 una investigación titulada: “análisis comparativo de la cinética de deshidratación osmótica y secado por aire caliente de la variedad de piña Cayena Lisa”, en donde sostienen que los valores iniciales y finales de la masa, firmeza y porcentaje de pérdida de peso fue inferior para la fruta sometida a la DO que para la obtenida por DAC, específicamente los autores mencionan que:

Las características físicas y mecánicas de las fruta fresca y deshidratada (masa, firmeza, talla, pH, y contenido de sólidos solubles), el tratamiento de deshidratación osmótica (DO) se llevó



a cabo a 60 °C /10 h y por deshidratación convectiva a 60°C / 5 h.  
(p.1)

Por otro lado, Hernández y Cornejo (2016), trabajaron con la piña de la variedad Milagreña o Perolera. Primero realizaron la deshidratación de rodajas de piña con dos diferentes agentes osmóticos (sacarosa y glucosa), en una relación 1:4 (piña: jarabe). Los autores efectuaron tres secados: piña natural, piña deshidratada osmóticamente con glucosa y piña deshidratada osmóticamente con sacarosa; luego determinaron en cada una de ellas la Aw (actividad de agua), y concluyeron que la deshidratación con sacarosa mostró mejores resultados durante la evaluación sensorial, la DO acortó el tiempo de secado y evitó la oxidación enzimática mejorando el sabor del producto final.

Referente a la deshidratación de piña, Egas y Ortega (2011), evaluaron la “influencia de los parámetros en la deshidratación de piña fortificada con vitamina C” y concluyeron que a mayor porcentaje de fortificación, mayor porcentaje de vitamina C en el producto terminado, específicamente en la citada investigación los autores mencionan que:

...establecieron como factores de estudio: Porcentaje de vitamina C al 0%, 1% y 2%), temperatura del aire (40 y 50°C), abertura del venterol (50 y 75%) y técnica de secado (continuo e intermitente). Se estableció que la Vitamina C, si logra absorberse en el proceso de fortificación y posterior deshidratación en las rodajas de piña, teniendo como resultado: al 0% de adición de Vitamina C, el porcentaje de Vitamina C en el producto terminados es de 17,40 mg/100g, al 1% de adición es de 101,20 mg/100g y al 2% de adición es de 169,90 mg/100g. (p.11).

Desde otro punto de vista, Mendoza et al. (2017), sostuvieron una investigación en “la deshidratación de la piña variedad

Hawaiana”, procurando preservar en lo posible sus características organolépticas (sabor, aroma, color), utilizando como método la deshidratación osmótica y convencional. En la citada investigación los autores señalaron que:

Para la primera, se establecieron inmersiones de rodajas de piñas en soluciones de sacarosa. La deshidratación convencional completó el proceso de deshidratación. Para la deshidratación osmótica (DO), se usó jarabe de sacarosa de 40, 50 y 60 ° Brix de concentración. Se estableció que el tiempo de inmersión de las rodajas de piña a 45 °C es de 3 a 4 horas. El secado convectivo se realizó a 60 °C, por espacio de 6 a 8 horas; se concluyó que la solución de sacarosa a 60 ° Brix, y a 45 °C, son las condiciones más óptimas en la DO. El secado convencional, a 60 °C, por 8 horas, contribuye a completar la deshidratación de las rodajas de piña. (p.1)

## **2.1 Bases Teóricas**

### **2.1.1 Piña (Ananas comosus)**

#### **2.1.1.1 Características botánicas y taxonomía de la piña**

La piña pertenece a la familia de las Bromiláceas, existen cerca de 50 géneros y alrededor de 200 especies, la mayoría son xerófitas epifitas, haciéndolas eficientes en el uso del agua. Es una planta monocotiledónea, herbácea y perenne, caracterizada por ser de reproducción asexual a través de hijos. (Sánchez, 2012). A continuación, se detalla la característica taxonómica de la piña según MINAGRI, 2013:

Reino: Plantae

División: Magnoliphyta

Clase: Liliopsida

Orden: Bromeliaceae

Familia: Bromeliaceae

Género: Ananas

Especie: Comosus

### 2.1.1.2 Variedades, zonas, volúmenes de producción y precio

Según el Ministerio de Agricultura-MINAGRI (2013), en la Selva Alta y Baja del Perú, se cultiva las variedades comerciales: Cayena Lisa, Golden, Hawaiana, Samba Chanchamayo y Lagarto, Roja Trujillana. Todas destinadas para el mercado Regional y Nacional”.

Las principales regiones productoras de piña en el país son Junín, Loreto, La libertad, Puno y en cuanto a volumen de producción, Junín produce el 75% de la oferta nacional, le sigue La Libertad con el 5%, Puno 3.5%. (Agraria.pe, 2017). A continuación, la tabla 2, se muestran datos estadísticos de producción de piña en el año 2017.

Según datos obtenidos del boletín estadístico SIEA (2017); la piña, es la cuarta fruta con mayor producción nacional, después del plátano, mango y uva. Según datos del SIEA hasta el 2017, la producción de piña fue un total de 494 642 toneladas (t), abarcando mayor producción el departamento de Junín con 362 810 t de producción en esta región, seguida de La libertad con 23 058 t de producción.

Tabla 1

*Producción, superficie de cosecha, rendimiento y precio en chacra de Piña en el Perú – 2017*

Región o subregión	Producción (t)	Superficie	Rendimiento (kg/ha)	Precio en chacra (\$. /kg)
Nacional	494 642	15 458	31 999	0.73
Junín	362 810	6 369	56 965	0.62
La Libertad	23 058	1 124	20 514	0.85

Puno	22 841	787	29 023	2.12
Amazonas	19 276	1 088	17 717	0.77
Loreto	17 270	2 078	8 311	0,37

Fuente: Anuario estadístico de producción agrícola -MINAG (2017).

### 2.1.1.3 Composición fisicoquímica y nutricional

Morgan (2013), menciona que la piña posee un bajo índice calórico, debido a su alto contenido de agua. En las últimas semanas de madurez, la piña va aumentando su contenido de principios activos y azúcares. Por ello es necesario determinar el índice de madurez, ya que frutos recolectados tempranamente resultarán mucho más ácidos y pobre en nutrientes. (p.43).

Según se muestra en la tabla 3; la piña, en cuanto a la cantidad de minerales, destaca el magnesio y la vitamina más abundante en la piña es la vitamina C.

Tabla 2

#### *Composición fisicoquímica*

Contenido	Unidad	Valor
Energía	Kcal	45.00
Proteína	gr	0.50
Carbohidratos	gr	11.50
Fibra	gr	1.20
Calcio	mg	12.00
Hierro	mg	0.50
Magnesio	mg	14.00
Potasio	mg	250.0
Fósforo	Mg	11.00
Ácido fólico	mg	11.00
Vitamina C	mg	20.00

Fuente: Tabla de composición de alimentos peruana. MINAGRI. (2013).

#### **2.1.1.4 Samba de Chanchamayo (ananas comosus L. Mer cv. Samba de Chanchamayo)**

Según el Manual de Piña del Proyecto Especial Pichis-Palcazu, Perene –Chanchamayo (2010), en la selva Central se cultiva Cayena Lisa y MD-2, más conocida como Golden; así como, las 2 variedades tradicionales de la región: Hawaiiana y Samba. Esta última de interés como materia prima experimental para el desarrollo de esta investigación. Respecto a la materia prima a utilizar, Maravi, 2018, menciona:

La variedad Samba rústica, tradicional de Chanchamayo, se caracteriza por presentar hojas sin espinas y altas concentraciones de antocianina (a ello se le debe el color rojizo de las plantaciones). El fruto es de color rojo oscuro, con forma algo cilíndrica (con ligeras deformaciones laterales), pulpa de color blanco amarillento, el contenido de azúcar y acidez es bajo. (p.15).

“El pedúnculo es delgado y largo, consecuente del tumbado de las plantas, también produce numeroso bulbillos y coronas. Resistente a las plagas de Fusariosis y Barrenador del fruto de piña”. (Proyecto Especial Pichis-Palcazu, 2010).

#### **2.1.2 Secado por convección o aire caliente**

El proceso de secado modifica el contenido de agua del alimento, así también sus características fisicoquímicas y nutricionales. No obstante, con adecuados parámetros, estas reacciones y cambios fisicoquímicos pueden ser controladas y brindar un alimento con alto contenido en nutrientes, aumentando significativamente su vida comercial. (Yupanqui, 2010).

La deshidratación por convección utiliza gases calientes, los cuales ingresan en contacto directo con el sólido húmedo y transfieren calor por convección, arrastrando afuera del secador los vapores producidos (Della, 2010).

Barat, et al (2016), menciona que la deshidratación por convección, es un proceso que reduce el agua contenida en los alimentos por medio del calor a través de la evaporación, lo que disminuye una posible proliferación microbiana. Según Vega & Fito (2005); “el secado de frutas y vegetales por convección, se ve afectada las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del cuando se usan altas temperaturas” (p.3).

### **2.1.2.1 Parámetros de secado**

En el estudio de proceso de secado realizado por Díaz (2009) y Geankopolis (1998), ambos consideran que los parámetros que influyen en el secado son: (uno por uno)

- Humedad relativa del aire: se describe como la presión de vapor de agua en relación con la presión de saturación de vapor de agua a la misma temperatura. Díaz (2009, p.41).
- Temperatura del aire: “mientras aumente la temperatura, se incrementará la salida de agua. La temperatura se toma en cuenta las características del alimento a deshidratar” (Geankopolis, 1998)
- Velocidad de aire: mientras más alta sea la velocidad, mayor será el porcentaje de evaporación, reduciendo así el tiempo de secado y viceversa (Si la velocidad de aire se reduce, el porcentaje de evaporación también se reduce y por consecuencia el tiempo de secado aumenta). (Geankopolis, 1998.).
- Contenido de humedad inicial: Es el porcentaje de humedad que tiene el alimento como materia prima, cuanto más elevada es el contenido de humedad en un alimento, mayor será la cantidad de agua para evaporar. (Díaz ,2009)

- Contenido de humedad final: “es la humedad que tiene el alimento después de secarlo. Si el alimento no tiene la humedad mínima para almacenar, será expuesto a posibles proliferaciones de microorganismos”. (Geankopolis, 1998, p.606)
- Contenido de humedad de equilibrio: Según Díaz (2009), es “el porcentaje de humedad que llega a tener el alimento después de haber sido llevado a un ambiente de humedad relativa y temperatura constante, en un determinado tiempo; y dependerá del porcentaje de humedad, temperatura, variedad y madurez del producto” (p.41)
- Contenido de humedad crítica: “Es la humedad que tiene el producto cuando termina el periodo de velocidad de secado constante y empieza el periodo de velocidad decreciente”. (Díaz ,2009, p.42)

#### **2.1.2.2 Cinética de secado**

Según López et al (2003), “la cinética de secado consiste en evaluar la pérdida de peso de una muestra respecto al tiempo” (p.2). Es usado continuamente para estudiar los mecanismos microscópicos y macroscópicos de transferencia de calor y masa durante el secado, y es determinada por las condiciones de secado, tipos de secador y características del alimento. (Alvarado & Aguilera, 2007).

Las curvas de secado están representadas de distintas formas, como por ejemplo el contenido de humedad respecto al tiempo, la velocidad del secado respecto al tiempo o la velocidad del secado respecto al contenido de humedad. (Fito, et al 1998). “El cambio en el porcentaje del contenido de humedad del producto (kg de agua /kg de sólidos secos) se registra en intervalos tiempo durante todo el proceso de deshidratación, obteniendo las curvas típicas de deshidratación de alimentos”. (Colina, 2010, p.15).

En las figuras 1 y 2 se puede observar, la curva típica para el secado y la curva de velocidad de secado respectivamente.

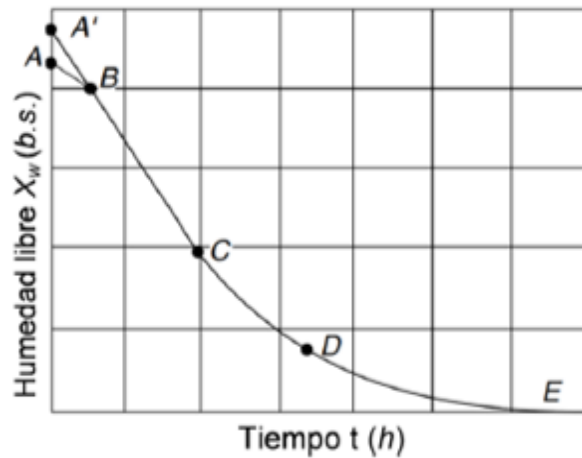


Figura 1. Curva de secado típica

Fuente: Heldman y Lund, 2007

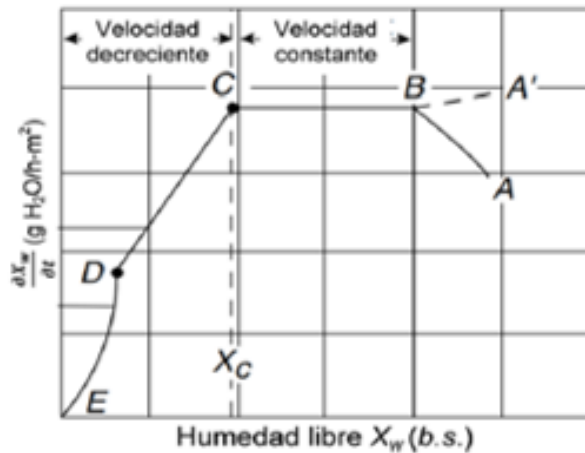


Figura 2. Curva de velocidad de secado

Fuente: Heldman y Lund, 2007

“Se define velocidad de secado como la velocidad con que disminuye la humedad del producto. Por tanto, la pendiente de la curva de secado nos da la velocidad de secado, en la que también pueden diferenciarse los periodos de secado”. (Heldman y Lund, 2007, p.78). Como se puede observar en la figura 2. Al respecto; Geankopolis (1998); indica que en los procesos de secado convectivo se observan los siguientes periodos de secado:



- “Periodo de velocidad de secado constante: es la velocidad con que se reduce la humedad de la superficie del alimento, que es igual a la velocidad con que llega hasta el interior del alimento”. (p. 612)
  - Periodo de velocidad secado decreciente: la humedad del alimento disminuye hasta conseguir la humedad de equilibrio. Se sigue produciendo la evaporación del agua del alimento de la misma forma que en el periodo de velocidad constante, con la diferencia que no sucede en toda la superficie, porque empiezan a aparecer zonas secas; por tanto, la velocidad de secado va disminuyendo a medida que la superficie mojada del alimento va secando. (p. 612)

### **2.1.3 Deshidratación osmótica (D.O)**

Es una técnica que permite disminuir gradualmente el agua de los tejidos de los alimentos mediante la inmersión en una solución hipertónica, procurando no dañar el alimento ni afectar negativamente su calidad. (Rastogi et al., 2002, p.13). Por otro lado Spiazzi & Mascheroni (1997), mencionan literalmente lo siguiente:

En la DO el alimento disipa agua y algunos solutos solubles, gana sólidos solubles, se encoge y reduce su volumen. Así también indica que la velocidad a la que sale el agua del alimento hacia el jarabe, es mayor que la entrada de los sólidos solubles hacia el interior del alimento. (p.40).

Las principales ventajas y desventajas de la DO como primera etapa de deshidratación se detallan en la tabla 3.

Tabla 3

*Ventajas y desventajas en la deshidratación osmótica*

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es eficiente desde el punto de vista energético (se lleva a temperatura ambiente sin que el agua cambie de fase).</li> <li>• Mejora la calidad del color, el sabor, el aroma y la textura del alimento. Se retienen la mayoría de los nutrientes</li> <li>• Produce un daño mínimo en la estructura del alimento deshidratado ya que no debe someterse a altas temperaturas.</li> <li>• Por lo general, no se requiere tratamiento químico previo para evitar el pardeamiento del producto, pues al estar sumergido en la solución se minimiza el contacto con el oxígeno.</li> <li>• Puede aumentar la relación azúcar/ácido. Ponting (1993) observó que los ácidos de las frutas eran extraídos de la fruta junto con el agua eliminada en la deshidratación dando lugar a un producto con un menor contenido en ácidos y mayor tenor de azúcar.</li> <li>• Mejora de la estabilidad del producto. La actividad de agua del alimento disminuye de modo tal de inhibir parcialmente el crecimiento microbiano.</li> <li>• Disminuyen los costos de empaque y transporte.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manejo de la solución deshidratante: La solución puede reciclarse, sin embargo la contaminación microbiana puede aumentar al reciclar la solución un mayor número de veces. Para poder reciclar la solución es necesario concentrar la solución que ha sido diluida durante el proceso de deshidratación</li> <li>• Dificultades en el diseño y control de proceso: inconvenientes a tener en cuenta es que el producto puede romperse debido al flujo de la solución deshidratante en los procesos continuos y a la agitación mecánica en los procesos discontinuos.</li> </ul>

Elaborado por: la autora

Fuente: Della, 2010.

### **2.1.3.1 Aplicación del proceso de deshidratación osmótica**

Al respecto Según Della (2010), la DO se emplea como pretratamiento para mejorar las características nutricionales y sensoriales sin modificar la integridad del alimento. Por lo general antecede a procesos como la congelación, liofilización y secado.

Por otro lado (Oliveira y Silva, 1992) señalan que las condiciones del pre tratamiento modifican la estructura natural del tejido y ocasiona una disminución en la pérdida de peso y ganancia de sólidos. “El blanqueamiento, el sulfatado, la acidificación y las altas temperaturas en el proceso benefician el ingreso de sólidos, y reducen la correlación de pérdida de agua (PP) y ganancia de sólidos (GSS)” (Lazarides & Mavroudis, 1995, citado por Pascual, 2005).

Lazarides (2001), menciona que según se requiera las características del producto final, el proceso puede ser destacado en la reducción de agua, incorporación de un soluto, o una combinación entre eliminación de agua y entrada de sólidos. Por ello, el proceso de DO puede ser clasificado en las siguientes categorías. (p.29):

- Eliminación parcial de agua (concentración de sólidos) seguida por: deshidratación complementaria (convectivo, vacío, microondas), pasteurización o congelado.
- Absorción de soluto; como agentes azucarados (glucosa, sacarosa, mie, etc.) y sales.
- Formulación del alimento dirigido a: optimizar las características organolépticas, valor nutricional y estabilidad microbiológica.
- Alargar vida de anaquel.

### **2.1.3.2 Factores que afectan el proceso de D.O**

#### **a) Tipo de agente osmótico**

Rahman, (1996), menciona literalmente que: “...la selección dependerá de diferentes factores como por ejemplo el costo del soluto, afinidades organolépticas, preservación del producto final y la influencia del soluto respecto a las mejoras sensoriales del alimento” (p.60).

#### **b) Concentración de la solución osmótica**

Rahman (1996) acerca de la concentración de la solución osmótica menciona que: “La pérdida de peso y la velocidad de secado incrementará conforme aumente la concentración del agente osmótico, ya que la  $A_w$  (actividad de agua) de la solución disminuye con un incremento en la concentración de solutos”. (p.61)

#### **c) Efecto de la temperatura de la solución osmótica**

Al respecto Della (2010) sostiene lo siguiente:

La temperatura es una de las variables más significativas ya que modificará la cinética en el proceso de DO. La pérdida de peso es más afectada que la ganancia de sólidos solubles; debido a que, usando temperaturas altas, el soluto o jarabe no puede difundirse con facilidad, como si lo hace el agua a través de la membrana celular de los tejidos del alimento. (p.86).

#### **d) Agitación de la solución osmótica**

Según Pascual (2005) la DO puede favorecerse mediante la agitación, ya que esta reduce la resistencia de transferencia de masa en la superficie del alimento, además de homogeneizar la temperatura y la concentración de solutos en la solución. Sin embargo, hay probabilidad de dañarse el alimento, lo cual debe evitarse.

#### **e) Geometría y tamaño del producto**

Este factor es significativo; ya que variará la superficie por unidad de volumen expuesta a la difusión. En el caso de cubos o esferas al incrementar el lado o radio, la superficie por unidad de volumen disminuye y entonces, la evaporación de agua resulta inferior para tamaños superiores. (Yupanqui, 2010.)

#### **f) Propiedades fisicoquímicas del alimento**

Específicamente, en base a los estudios de Della se considera que dependiendo de una serie de factores se puede establecer una variabilidad en el resultado de la DO.

La variabilidad del resultado de la DO entre distintos alimentos dependerá de la estructura de los tejidos, el contenido inicial de sólidos solubles e insolubles, espacios intercelulares, presencia de gas en el interior de los tejidos, contenido y niveles de gelificación de las pectinas. Normalmente cuando el alimento a deshidratar es muy poroso se recomienda realizar una DO en vacío, la cual permitirá la salida de aire de su interior con mayor facilidad (Della, 2010, p.11).

## **CAPITULO III**

### **DISEÑO METODOLÓGICO**

#### **3.1 Lugar de ejecución**

El proyecto se desarrolló en el Laboratorio de Química Analítica de la Escuela Profesional de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de San Martín de Porres. El cual se encuentra ubicado en el distrito de La Molina, en la ciudad de Lima-Perú.

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

- Muestra: La materia prima utilizada fue la piña Samba de Chanchamayo, proveniente del departamento de Junín, cosecha del 2019.
- Muestreo: La piña fue adquirida en el mercado mayorista de fruta de Lima, procediéndose a su evaluación visual con la finalidad de evitar adquirir piñas en condiciones no óptimas para su proceso. La fruta recepcionada en el laboratorio de procesos, se sometió a su inspección y clasificación teniendo en cuenta factores el tamaño y grado de madurez, eligiendo piñas con grado de madurez verde pintón, procediendo luego a su fase de desinfección, pelado, descorazonado y cortado transversalmente en rodajas de 0.5 cm de arista aproximadamente.
- Azúcar blanca refinada (Sacarosa) con 99.9% de pureza, marca Cartavio.
- Metabisulfito de sodio ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ).

### **3.3 Equipos e instrumentos**

- Equipo de computación HP
- Potenciómetro Thermo Orion 3 star pH Benchop.
- Balanza analítica Marca: Sartorius CPA 2245.
- Balanza de precisión Sartorius TE 214S.
- Estufa Memmert modelo 100-800
- Baño de maría para laboratorio Lab companion BS-06.
- Equipo de deshidratación por bandeja USMP – AALINAT (1 kg),
- Refractómetro, estufa Marca: MEMMERT UNE 400.
- Termómetro, marca Mercurios.
- Vasos precipitados de 250ml, 500ml y 1000 ml, marca Pirex.
- Placas Petri, espátulas, crisoles y pinzas
- Ollas y cuchillos de acero inoxidable.

### **3.4 Métodos de análisis**

#### **3.4.1 Análisis químico proximal de la piña**

- Humedad, por el método de la A.O.A.C. (1995).
- Proteína, por el método de la A.O.A.C. (1995)
- Grasa Total, por el método de la A.O.A.C. (1995)
- Fibra Cruda, por el método de la A.O.A.C (1995)
- Ceniza, por el método de la A.O.A.C. (1995)
- Carbohidratos por el método A.O.A.C. (1995).

#### **3.4.2 Análisis físico químico en la materia prima y proceso**

- a) En la materia prima y en el producto final
- Acidez titulable, por el método descrito de Pearson, 1976.
  - Índice de madurez por el método descrito de Konopacka y plocharski, 2001.
  - pH, por el método potenciómetro, recomendado por la NTP 203.001, INDECOPI.

- Vitamina C, por el método de la A.O.A.C (1998)
  - Rendimiento de fruta (pelada/materia prima), se realizó por método gravimétrico.
- b) Durante el proceso

Los Cambios durante la deshidratación osmótica fueron establecidos según recomendación de López et al. (1998):

- Se calculó la pérdida de peso (PP): Se procedieron a pesar las rodajas de piña antes y después del tratamiento osmótico, usando una balanza (0.01gr).
- Ganancia de sólidos solubles (GSS): Se usó el método según Horwitz (1975), se colocaron unas gotas del fluido extraído de la muestra fresca y deshidratada, sobre el cristal del refractómetro y se realizó la lectura.

$$PP = \left( \frac{M_o - M_f}{M_o} \right) * 100 \dots (1)$$

$$GSS = \left( \frac{M_f * S_f - M_o * S_o}{M_o} \right) * 100 \dots (2)$$

Donde:

Mo= Peso inicial de la muestra.

Mf=Peso de la muestra tratada a tiempo t.

So=Sólidos solubles de la muestra inicial

Sf= Sólidos solubles de la muestra tratada a tiempo t.

Por cada muestra de piña se realizó la medición de la pérdida de peso y ganancia de sólidos solubles.



### **3.5 Metodología experimental para determinar parámetros de la deshidratación osmótica (DO)**

#### **3.5.1 Descripción de operaciones en la Osmodeshidratación y secado por aire caliente de la piña**

Se presenta en la figura 3, el flujo de operaciones desarrolladas en el proceso de osmodeshidratación y de secado con aire caliente de la piña variedad Samba de Chanchamayo.

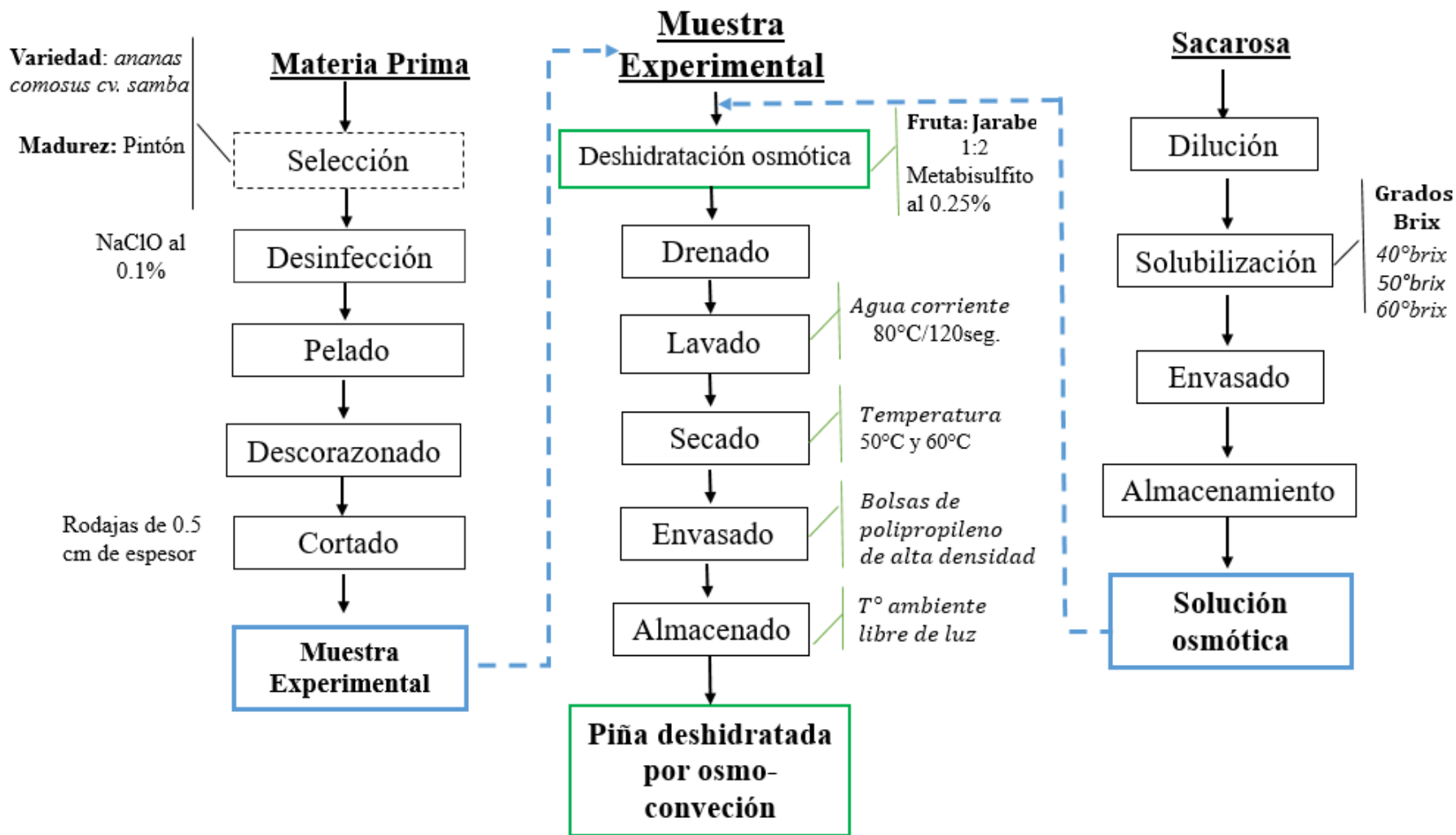


Figura 3. Flujo de operaciones para la deshidratación osmótica y convectiva

Elaborado por: La autora

Las operaciones que se realizaron fueron las siguientes:

- *Clasificación*: Se efectuó de forma visual con la finalidad de escoger las frutas en óptimas condiciones para su procesamiento.
- *Lavado y desinfección*: Se lavaron con abundante agua y se desinfecto con solución de hipoclorito de sodio al 0.1%, con el objetivo de eliminar impurezas adheridas a la fruta.
- *Pelado*: Se realizó en forma manual, utilizando cuchillos de acero inoxidable.
- *Descorazonado*: Se procedió a retirar la parte central conocida, como corazón del fruto.
- *Remoción de hijuelos del fruto*: Se realizó en forma manual, utilizando cuchillos de acero inoxidable.
- *Cortado*: La pulpa de fruta fue cortada en rodajas de 0.5 cm de espesor.
- *Sulfitado*: Se sumergieron las muestras en una solución de bisulfito de sodio al 0.25%.
- *Deshidratación osmótica*: Se realizó un control de pérdida de peso y grados Brix, controlando cada hora durante 7 horas, hasta que llegue a un peso aproximadamente constante.

Se utilizó solución osmótica de 3 concentraciones:

- a) Jarabe invertido de sacarosa de 40°Brix
- b) Jarabe invertido de sacarosa de 50°Brix
- c) Jarabe invertido de sacarosa de 60°Brix

Se utilizó tres temperaturas:

- a) Baño termostático a 50°C
- b) Baño termostático a 60°C
- c) Baño termostático a 70°C

Se tuvieron 9 tratamientos en total. La relación jarabe fruta fue de 2:1 y fueron totalmente sumergidas en el jarabe.

- *Lavado*: Al finalizar el proceso anterior, las muestras se dejaron escurrir 5 min aproximadamente, Luego se procedió al lavado de la muestra en agua abundante a 80°C / 120 segundos. Con el propósito de eliminar el excedente de jarabe.
- *Secado por convección o aire caliente (DAC)*: Se terminó de secar el producto hasta llegar a una humedad de equilibrio en función de peso y tiempo. Se realizó en un deshidratador por convección de bandejas a 50 y 60°C.

### **3.5.2 Determinación de parámetros en el procesamiento de piña osmodeshidratada**

Tuvo como finalidad determinar los parámetros de temperatura, concentración y tiempo favorables para el proceso de deshidratación osmótica. Según método recomendado por Guevara & Cacho, (1993) y Alves de Sousa et al., (2005) se realizó lo siguiente:

- a) Las muestras fueron sumergidas en jarabe de 40, 50 y 60° Brix en una relación de fruta: jarabe (1:2) (Guevara & Cacho, 1993). Este proceso se realizó a baño termostático o baño maría a 50, 60 y 70°C.
- b) Las muestras se fueron retirando del baño maría cada 60 min. En este proceso la piña perdió agua y gana sólidos solubles; es por ello, que por cada muestra retirada se controló la pérdida de peso y los grados Brix, hasta llegar a un peso aproximadamente constante; finalizando así el proceso.
- c) En cada caso las muestras fueron enjuagadas y escurridas con agua a 80°C/60 s, que tuvo como finalidad, disminuir el sobrante de jarabe adherido o aglutinado a la fruta. Después se procedió a retirar el agua superficial con papel absorbente.
- d) Las muestras fueron pesadas y se determinó la humedad y grados Brix; con los cuales se calculó la ganancia de sólidos solubles (GSS) y pérdida de peso (PP), según las ecuaciones 1 y 2. Teniendo estos datos se pudo establecer los tiempos adecuados para cada tratamiento.
- e) Se determinó la variabilidad de ganancia de sólidos solubles, pérdida de peso de las muestras de piña, se aplicó un diseño factorial por bloques (DBCA).

Para las comparaciones de medias se empleará la prueba de Tukey a un nivel de significancia del 5% utilizando el software Minitab 18.

- f) Los 9 tratamientos fueron evaluados sensorialmente según el ítem 3.7.1, para determinar la mejor muestra de piña deshidratada osmóticamente; estableciendo la que tuvo mayor aceptabilidad por los panelistas.
- g) La mejor muestra de piña deshidratada osmóticamente de mayor aceptabilidad fue sometida a secado convectivo a 50 y 60°C, hasta llegar a una humedad de equilibrio.

### **3.6 Metodología experimental para determinar parámetros en el proceso de secado convectivo**

#### **3.6.1 Determinación de la curva de secado y velocidad de secado**

Para trazar las curvas de secado y velocidad de secado se empleó la metodología indicada por Geankopolis (1998). Se procedió a calentar el aire del deshidratador a 50°C y 60°C, colocando las muestras en bandejas e introduciendo al equipo. Las bandejas fueron pesadas a intervalos de tiempo hasta llegar a peso constante. Se controló la temperatura del bulbo seco, bulbo húmedo, y la velocidad del aire durante todo el proceso de secado convectivo.

La humedad inicial de la piña osmodeshidratada y secada se determinó gravimétricamente por secado en estufa (70°C/24 horas), para luego calcular la cantidad de materia seca.

$$X_t = \frac{W - W_{s.s}}{W_{s.s}} \frac{Kg \text{ agua}}{Kg \text{ s.s}} \dots (3)$$

Donde:

W = Kg solido seco + Kg agua

W s.s = Kg sólido seco

Xt = Humedad en base seca (kg agua/kg solido seco).

Después de establecer la humedad en base seca, se procedió a determinar la humedad de equilibrio ( $X^*$ ) mediante diferencia de peso. Una vez hallada  $X^*$  se calculó el valor del contenido de humedad ( $X$ ) para cada valor de  $X_t$ .

$$X = X_t - X^* \dots (4)$$

Donde:

$X_t$  = Humedad en base seca (kg agua/kg sólido seco).

$X^*$  = Humedad de equilibrio (kg de humedad de equilibrio/kg de sólido seco)

$X$  = Humedad libre (Kg de agua libre/kg de sólido seco)

Al sustituir los datos calcular en la ecuación 4, se procedió a graficar el contenido de humedad libre  $X$  en función del tiempo (horas.) como se mostró en la figura 1.

Se utilizó la ecuación 5 para obtener la curva de velocidad de secado; a partir de los datos se midió las pendientes de las tangentes a la a curva, obteniendo los valores de  $dx/dt$ . Se calculó la velocidad  $R$  para cada dato en la expresión.

$$R = \frac{Ls}{A} \left( \frac{dX}{dt} \right) \dots (5)$$

Donde:

$Ls = Ws \cdot s =$  (kg sólido seco).

$A =$  Área ( $m^2$ )

$R =$  Velocidad de secado (Kg de agua /h. $m^2$ )

La curva de velocidad de secado se obtuvo graficando  $R$  en relación al contenido de humedad, como se observa en la figura 2.

### **3.6.2 Metodología para calcular el periodo de secado de velocidad constante y decreciente**

#### **3.6.2.1 Metodología para calcular el tiempo en velocidad constante**

Los datos más relevantes para el desarrollo de cálculos para el secado, es el tiempo que necesita el alimento con un contenido de humedad libre  $X_1$  hasta un contenido de humedad  $X_2$ . Si el secado se encuentra dentro del periodo de velocidad constante; entonces, tanto  $X_1$  como  $X_2$  fueron mayores que la humedad crítica  $X_c$ ; por lo tanto, la velocidad  $R$  es constante ( $R_c$ ).

$$t = \frac{Ls}{A \cdot R_c} (X_1 - X_2) \dots (6)$$

Donde:

$Ls = Ws \cdot s =$  (kg sólido seco).

$X_1 =$  Contenido inicial de humedad libre (Kg de agua /kg de sólido seco)

$X_2 =$  Contenido de humedad crítica (Kg de agua /kg de sólido seco)

$A =$  Área ( $m^2$ )

$R =$  Velocidad de secado Constante (Kg de agua /h. $m^2$ )

#### **3.6.2.2 Metodología para calcular el tiempo en velocidad decreciente**

Es la velocidad de desplazamiento de la humedad durante el periodo de velocidad decreciente por la velocidad del movimiento interno del líquido por difusión líquida. (Geankopolis, 1998) La difusión líquida de la humedad controla la velocidad de secado en el periodo de velocidad decreciente. Para ello se utilizó la segunda ley de Fick para difusión en estado estacionario. El coeficiente de difusión líquida ( $D_L$ ), se calculó a partir de la ecuación 7.

$$\frac{\delta X}{\delta t} = D_L \frac{\delta^2 X}{\delta d^2} \dots (7)$$

Donde:

X= Contenido de humedad en base seca

d = espesor del alimento que se seca

D<sub>L</sub>=Coeficiente de difusión efectivo de la humedad en el sólido.

Para calcular el tiempo de secado en el periodo decreciente, se utilizó la ecuación 8.

$$t = \frac{4 \cdot d^2}{\pi^2 \cdot D_L} \ln \frac{8 \cdot X_c}{\pi^2 \cdot X_3} \dots (8)$$

Donde:

d<sup>2</sup> = espesor del alimento que se seca

D<sub>L</sub>= Coeficiente de difusión efectivo de la humedad en el sólido.

X<sub>c</sub>= Contenido de humedad crítica (Kg de agua /kg de sólido seco)

### 3.7 Evaluación sensorial

#### 3.7.1 Selección el mejor tratamiento en la deshidratación Osmótica

El análisis sensorial se realizó utilizando una prueba afectiva de satisfacción (5 niveles). Cada panelista le asignó un valor a la intensidad percibida y observada. La degustación fue conformada por 15 panelistas no entrenados, quienes calificaron el sabor y apariencia general de las 9 muestras de piña deshidratada osmóticamente. No se consideró en esta evaluación el atributo textura, debido a que la muestra pasó posteriormente por un secado convectivo complementario. La comparación de medias se desarrolló mediante ANOVA utilizando el programa Minitab 18. Las diferencias entre medias



se desarrollo utilizando la prueba de Tukey en un nivel de significancia de 5%. La encuesta que se utilizó se muestra en el anexo 1.1

Tabla 4

*Muestras de Tratamientos osmóticos utilizados en la evaluación sensorial*

Tratamiento	Concentración	Temperatura
T1	40° BRIX	50°C
T2	50° BRIX	50°C
T3	60° BRIX	50°C
T4	40° BRIX	60°C
T5	50° BRIX	60°C
T6	60° BRIX	60°C
T7	40° BRIX	70°C
T8	50° BRIX	70°C
T9	60° BRIX	70°C

Elaborado por: La autora

### **3.7.2 Selección el mejor tratamiento en la deshidratación Convectiva**

Una vez obtenido la mejor muestra entre los 9 tratamientos en la deshidratación osmótica; se procedió a realizar una deshidratación convectiva del mejor tratamiento a 50°C y 60°C. Posteriormente se realizó un análisis sensorial a las muestras de piña deshidratada por osmoconvección para ambas temperaturas. Además, se añadió dos muestras umbrales de piña deshidratada: piña deshidratada comercializa en supermercados (Marca: Visana) y piña deshidratada en rodajas sin previa D.O; con el objetivo de verificar si la piña con previo tratamiento es capaz de cumplir los estándares de calidad de otras marcas en el mercado. Las muestras evaluadas fueron:

Tabla 5  
*Muestras de tratamiento convectivo utilizados en la evaluación sensorial.*

Muestras de Tratamiento	Descripción de tratamiento
Muestra "T50"	Piña deshidratada osmóticamente a 40°Brix en jarabe de sacarosa Secado convencional a 50°C
Muestra "T60"	Piña D.O 40°Brix en jarabe de sacarosa. Secado convencional a 60°C.
Muestra "MP"	Piña fresca en rodajas sin ningún pre tratamiento de D.O, secado a 60°C
Muestra "TM"	Piña deshidratada convencionalmente. Proporcionado por Visana snack (producto de exportación).

Elaborado por: La autora

El análisis sensorial se realizó utilizando una prueba afectiva de satisfacción (5 niveles). Cada panelista le asignó un valor a la intensidad percibida y observada. La degustación fue conformada por 30 panelistas no entrenados, quienes calificaron el sabor, color, textura y apariencia general de las 9 muestras de piña deshidratada osmóticamente.

Concluidas las evaluaciones sensoriales, se efectuó un análisis de los resultados. Para tal efecto, se consideró un diseño completamente aleatorizado (DCA) con los 4 tratamientos. La comparación de medias se desarrolló mediante ANOVA, utilizando el programa Minitab 18. Las diferencias entre medias se desarrolló utilizando la prueba de Tukey en un nivel de significancia de 5%. La encuesta que se utilizó se muestra en el anexo 1.2.

### **3.8 Diseño experimental**

A continuación, en la figura 4, se detalla el diseño experimental.

OPERACIONES								
Materia prima	Cortado	Determinación de parámetros en la deshidratación osmótica (DO)				Determinación de parámetros en la deshidratación convectiva		
		Temperatura	Concentración de Jarabe	Tratamientos	Evaluación sensorial	Temperatura	Evaluación sensorial	Producto final
Pintón		50° C 60° C 70° C	40°BRIX 50° BRIX 60°BRIX 40° BRIX 50°BRIX 60° BRIX 40°BRIX 50°BRIX 60°BRIX	T1 T2 T3 T4 T5 T6 T7 T8 T9	P I Ñ A  D O	50° C 60° C 60° C	T50 TP T60 TM	<b>Piña deshidratada por osmo-convección</b>
<b>Controles</b>								
Estado de la fruta: Pintón <ul style="list-style-type: none"> <li>• Color</li> <li>• Tamaño</li> </ul>	Rodajas de piña 0.5cm de espesor	<b>Metabusilfito (0.25%)</b> Temperaturas: 50°C, 60°C y 70°C Concentraciones de jarabe de sacarosa: 40, 50 y 60° Brix		Enjuagar con agua a 80°C/120s	Cantidad de panelistas (15)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdida de peso</li> </ul>	Cantidad de panelistas (30)	
<b>Análisis</b>								
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analisis proximal</li> <li>• Analisis fisicoquimico</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ganancia de sólidos controladas cada hora, durante 7 hrs.</li> <li>• Pérdida de Peso controladas cada hora, durante 7 hrs.</li> </ul>		Atributos en evaluación: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sabor</li> <li>• Aceptabilidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Curvas de secado</li> <li>• Velocidad de secado</li> <li>• Coef. De difusión</li> <li>• Tiempo de secado</li> </ul>	Atributos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sabor</li> <li>• Color</li> <li>• textura</li> <li>• Aceptabilidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analisis proximal</li> <li>• Analisis fisicoquimico</li> </ul>	

Figura 4. Diseño experimental de metodología

Elaborado por: la autora

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS**

#### **4.1 Análisis proximal de la piña Samba de Chanchamayo**

En la tabla 7, se detalla el análisis proximal correspondiente de la piña variedad Samba realizado a la parte comestible de la fruta (pulpa). Presentó un contenido medio de humedad de 87.70%. En proteínas el valor obtenido fue de 0.35%. En cuanto al contenido de grasa, la pulpa de piña presenta 0.22%, mientras que el contenido de fibra fue de 0.50%.

Por otro lado, el contenido de cenizas analizado fue de 0.10%. Finalmente, el contenido de carbohidratos, hallados por diferencia fue de 11.13cal, un contenido bajo por presentarse la piña es estado de madurez pintón.

Tabla 6.

*Resultado proximal de la piña Samba de Chanchamayo (pulpa) en g/100g*

Descripción del análisis	Piña Samba de Chanchamayo en base húmeda
Humedad	87.70
Proteína	0.35
Grasa	0.22
Fibra Cruda	0.50
Ceniza	0.10
Carbohidratos	11.13

Fuente: Datos reportados según análisis por la USIL, 2019.

#### **4.2 Análisis fisicoquímico de la piña Samba de Chanchamayo**

La tabla 8, expone los resultados del análisis fisicoquímico realizado a la pulpa de la piña Samba de Chanchamayo. Se puede observar que la piña presenta un pH de 4.04, mientras que la acidez titulable expresada en % de ácido cítrico tiene un valor de 0.39%. Por otro parte, el contenido de sólidos solubles expresado en grados Brix fue de 10.58. Teniendo los resultados de °Brix y acidez titulable, se obtuvo el índice de madurez con un valor de 27.13 °Brix/%ácido cítrico. Finalmente, la piña presento un contenido alto de vitamina C fue de 41mg/100gr.

Tabla 7.

*Resultado del análisis fisicoquímico de la piña Samba de Chanchamayo*

Descripción del análisis fisicoquímico	Resultados
pH	4.04
Acidez expresado (% ácido cítrico)	0.39
Sólidos solubles Brix (°Brix)	10.58
Índice de madurez (°Brix/%ácido Cítrico)	27.13
Vitamina C	41 mg/100gr

Fuente: Datos reportados según análisis por la USIL, 2019.

### 4.3 Evaluaciones de las pérdidas de peso (PP) y ganancia de sólidos solubles (GSS) producidos durante el tratamiento osmótico

En las tablas 8,9 y 10, se presentan los resultados de las pérdidas de peso (PP) y ganancia de sólidos solubles (GSS) de las muestras de piña Samba de Chanchamayo (Junín) después del tratamiento osmótico con jarabe de sacarosa a diferentes temperaturas de inmersión (50, 60 Y 70°C respectivamente) y diferentes concentraciones (40, 50 y 60° BRIX). En general se observa un incremento en la pérdida de peso y ganancia de sólidos solubles, conforme va aumentando la concentración y temperatura.

Con respecto al porcentaje de pérdida de peso en la tabla 8, se puede apreciar que, al finalizar las 7 horas de tratamiento, mayores pérdidas se dieron en el tratamiento osmótico a 60° Brix con 19.50% de pérdida de peso, en comparación con 50° Brix (16.08%) y 40°Brix (15.64%).

Por otro lado, en la figura 5, se observa que en las cuatro primeras horas hay un aumento significativo de pérdida de peso para todos los tratamientos (40, 50 y 60°Brix); así también, entre las 2 y 4 horas se produce un cambio inconstante en la curva de crecimiento, ganando ligeramente peso.

Tabla 8.

*Resultado de las variaciones de pérdida de peso y ganancia de sólidos solubles durante el tratamiento osmótico con jarabe de sacarosa a 50° C*

Muestras (Baño térmico a 50°C)		Pérdida de peso (PP)	Ganancia de sólidos solubles
Concentración (°BRIX)	Tiempo (Horas)	(%)	(GSS) (%)
40	1	6.81± 0.24 <sup>c</sup>	11.9 ± 0.63 <sup>c</sup>
	2	8.76± 0.33 <sup>c</sup>	18.07 ± 1.77 <sup>b</sup>
	3	14.83 ± 3.24 <sup>abc</sup>	19.11 ± 0.82 <sup>ab</sup>
	4	14.88 ± 1.44 <sup>ab</sup>	19.71 ± 0.98 <sup>ab</sup>

	5	15.05 ± 1.06 <sup>a</sup>	20.3 ± 0.34 <sup>ab</sup>
	6	15.36 ± 0.26 <sup>a</sup>	20.7 ± 0.99 <sup>a</sup>
	7	15.64 ± 0.46 <sup>a</sup>	20.83 ± 0.55 <sup>a</sup>
50	1	7.74 ± 0.53 <sup>d</sup>	15.86 ± 1.16 <sup>b</sup>
	2	10.51 ± 1.03 <sup>c</sup>	21.39 ± 2.93 <sup>ab</sup>
	3	13.7 ± 0.81 <sup>b</sup>	24.9 ± 4.11 <sup>ab</sup>
	4	12.36 ± 0.26 <sup>bc</sup>	23.36 ± 0.32 <sup>a</sup>
	5	15.09 ± 0.10 <sup>ba</sup>	22.59 ± 1.00 <sup>a</sup>
	6	15.18 ± 0.58 <sup>a</sup>	23.8 ± 0.18 <sup>a</sup>
	7	16.08 ± 0.11 <sup>a</sup>	24 ± 0.17 <sup>a</sup>
60	1	9.26 ± 0.68 <sup>a</sup>	17.61 ± 0.59 <sup>a</sup>
	2	12.27 ± 0.71 <sup>ab</sup>	19.9 ± 1.30 <sup>ab</sup>
	3	13.48 ± 0.87 <sup>ab</sup>	21.81 ± 1.05 <sup>ab</sup>
	4	16.78 ± 1.54 <sup>bc</sup>	22.83 ± 0.67 <sup>cd</sup>
	5	18.44 ± 1.20 <sup>cd</sup>	23.18 ± 0.28 <sup>d</sup>
	6	19.05 ± 0.18 <sup>de</sup>	24.58 ± 0.03 <sup>d</sup>
	7	19.50 ± 0.11 <sup>de</sup>	25.13 ± 0.55 <sup>d</sup>

Datos expresados en promedio ± SD, n=7. Valores en una fila con diferentes superíndices indican que son diferentes (p<0.5).

Elaborado por: La autora

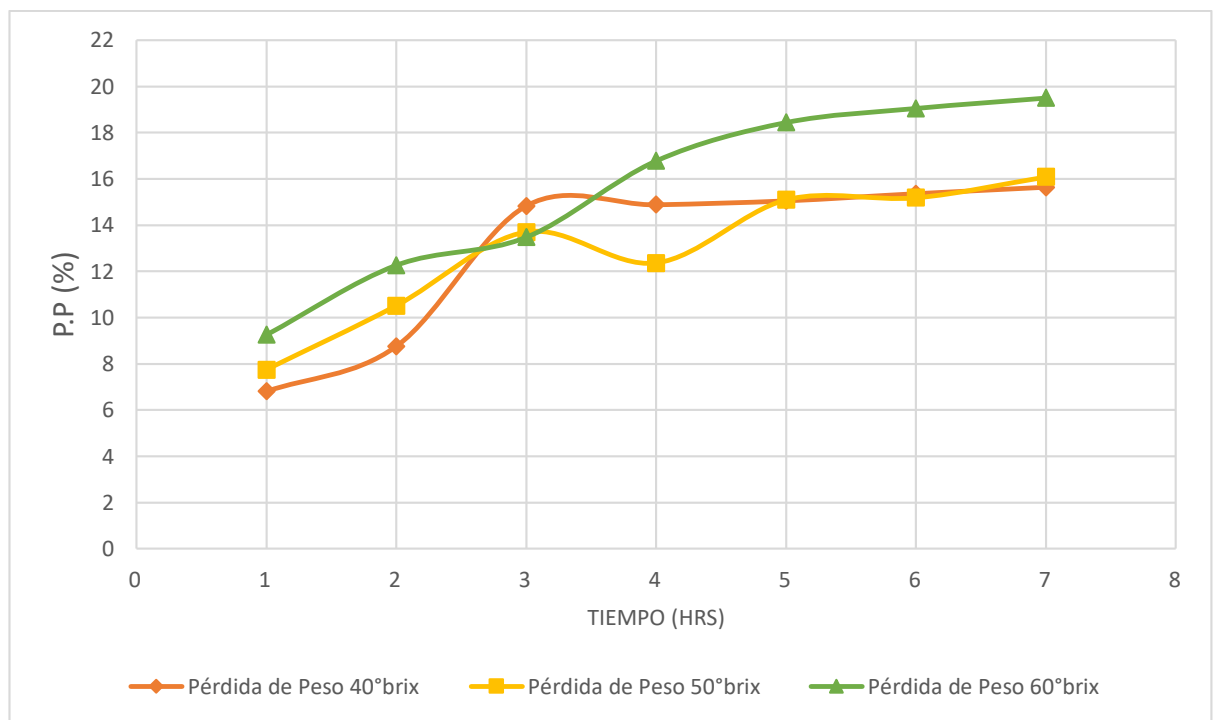
La prueba de comparación de medias de Tukey (anexo 2.1), para el factor pérdida de peso vs. Tiempo, ratifica diferencias significativas las primeras 5 horas en todos los tratamientos a 50°C. A partir de este tiempo en adelante (6-7hrs) las medias no presentan diferencias significativas, por lo que se concluye que los tratamientos no son influyentes respecto a la pérdida de peso partir de la quinta hora.

Por otro lado, en la figura 6, se observa el comportamiento que siguen las curvas en relación al porcentaje de ganancia de sólidos solubles (%GSS) en función de la concentración de azúcar. Se puede distinguir que para cada una de las variables de concentración (40, 50 y 60°Brix), la ganancia de sacarosa a 60°Brix fue mayor en un menor tiempo, comparado

con las demás muestras de 50°Brix y 40°Brix. Este análisis comparativo se puede observar en la tabla 8, donde al finalizar las 7 horas de tratamiento a 60°Brix se tiene un 25.13% de ganancia de sólidos solubles (GSS), mientras que a 50°Brix 24% y a 40°Brix un 20.83% de GSS.

La prueba de comparación de medias de Tukey (Anexo 2.2), para el factor: ganancia de sólidos solubles (GSS) versus concentración, encontró diferencias altamente significativas entre las primeras 5 horas de tratamiento, a partir de este tiempo en adelante el aumento de GSS tiende a tener una curva crecimiento casi insignificante.

En la figura 5 y 6, se observa que las velocidades de pérdida de peso (PP) y ganancia de sólidos solubles (GSS) fueron mayores las dos primeras horas de la deshidratación osmótica llegando a un máximo, a partir del cual el sistema tiende a un equilibrio.



*Figura 5. Porcentaje de pérdida de peso durante la DO a 50° C*



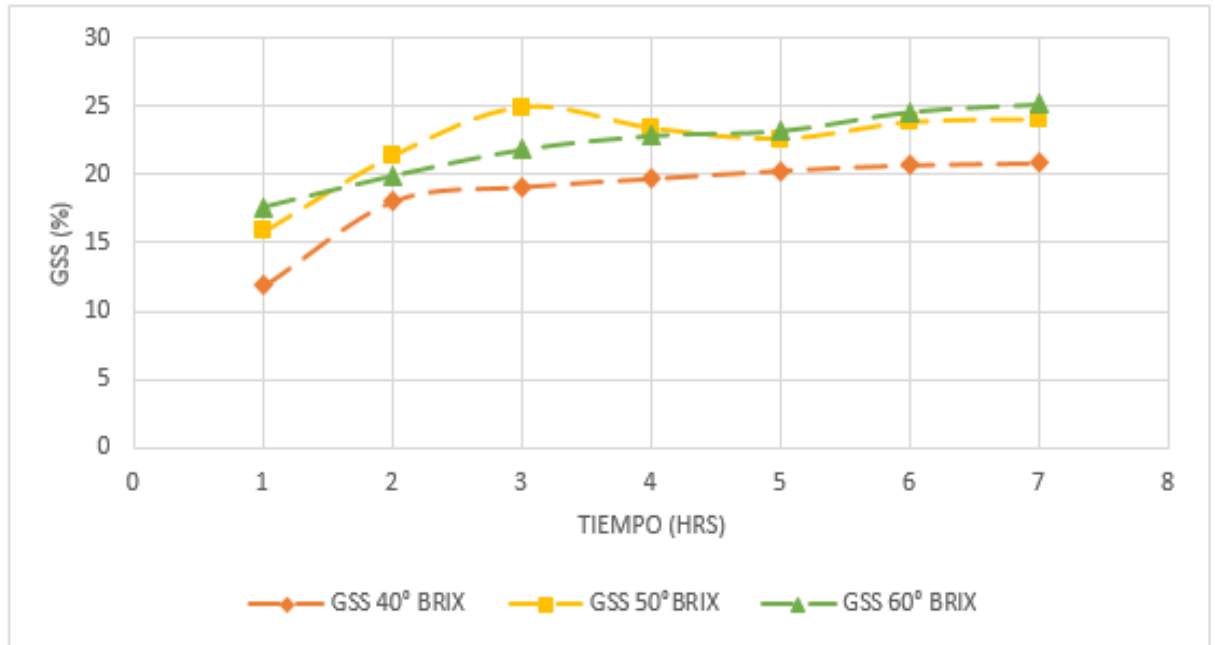


Figura 6. Porcentaje de Ganancia de Sólidos Solubles durante la DO a 50°

Tabla 9.

Resultados de las variaciones de pérdida de peso y ganancia de sólidos solubles durante el tratamiento osmótico con jarabe de sacarosa a 60°C

MUESTRAS (Baño Térmico a 60°C)		Pérdida de peso PP (%)	Ganancia de sólidos solubles (GSS) (%)
Concentración (°BRIX)	Tiempo (Horas)		
40	1	09.13 ± 0.55 <sup>a</sup>	12.69 ± 0.16 <sup>a</sup>
	2	14.62 ± 1.68 <sup>b</sup>	19.20 ± 0.67 <sup>d</sup>
	3	15.4 ± 0.23 <sup>bc</sup>	21.9 ± 0.18 <sup>c</sup>
	4	16.64 ± 0.35 <sup>bc</sup>	22.55 ± 0.30 <sup>bc</sup>
	5	18.23 ± 1.01 <sup>abc</sup>	22.86 ± 0.39 <sup>ab</sup>
	6	19.02 ± 0.69 <sup>abc</sup>	23.24 ± 0.5 <sup>ab</sup>
	7	19.23 ± 0.37 <sup>abc</sup>	23.8 ± 0.6 <sup>ab</sup>
50	1	11.77 ± 0.60 <sup>a</sup>	16.42 ± 0.85 <sup>d</sup>
	2	15.93 ± 0.84 <sup>c</sup>	20.02 ± 0.21 <sup>c</sup>

	3	16.69 ± 0.61 <sup>bc</sup>	22.64 ± 0.73 <sup>b</sup>
	4	18.94 ± 0.91 <sup>b</sup>	24.94 ± 0.50 <sup>a</sup>
	5	19.97 ± 0.62 <sup>b</sup>	25.84 ± 0.50 <sup>a</sup>
	6	20.23 ± 0.58 <sup>ab</sup>	26.09 ± 0.01 <sup>a</sup>
	7	21.53 ± 0.05 <sup>ab</sup>	26.10 ± 0.03 <sup>a</sup>
60	1	12.93 ± 0.16 <sup>d</sup>	17.72 ± 0.04 <sup>d</sup>
	2	17.76 ± 0.67 <sup>c</sup>	21.52 ± 0.50 <sup>c</sup>
	3	19.28 ± 0.18 <sup>b</sup>	24.28 ± 1.04 <sup>b</sup>
	4	20.88 ± 0.30 <sup>cb</sup>	25.54 ± 0.59 <sup>ab</sup>
	5	21.45 ± 0.40 <sup>a</sup>	26.00 ± 0.24 <sup>a</sup>
	6	21.78 ± 0.05 <sup>ab</sup>	26.54 ± 0.19 <sup>a</sup>
	7	22.9 ± 0.60 <sup>ab</sup>	27.07 ± 0.05 <sup>a</sup>

Datos expresados en promedio ± SD, n=7. Valores en una fila con diferentes superíndices indican que son diferentes ( $p < 0.5$ ).

Elaborado por: La autora

En la figura 7, se observa que las cuatro primeras horas se produce mayor significancia en relación a la pérdida de peso en todos los tratamientos, siendo el tratamiento de mayor concentración (60° Brix) con más aumento en la pérdida de peso, esto se puede visualizar en tabla 9; donde al concluir las 7 horas de tratamiento; se obtuvo, que a 60° Brix se produce una pérdida de peso de 22.9%, mientras que para el tratamiento a 50° Brix y 40° Brix; se obtuvo 21.53 y 19.23% respectivamente.

La prueba de comparación de medias (anexo 3.1), indica diferencias significativas las cinco primeras horas en todos los tratamientos a 60°C. A partir de este tiempo en adelante (5-7hrs) las medias no presentan diferencias significativas, por lo que se concluye que los tratamientos no son influyentes respecto a la pérdida de peso a partir de 4ta hora.

Con respecto a la ganancia de sólidos solubles (GSS) en función de la concentración; en la figura 9, se observa que mayor eficiencia se manifiesta en los tratamientos de mayor concentración de jarabe de sacarosa,

es decir que a 60° Brix la curva muestra mayor porcentaje de ganancia de sólidos solubles al finalizar el tratamiento de 7 horas. Esto se puede ver reflejada en la tabla 9; donde, para 60 ° Brix se obtuvo 27.07% de GSS, mientras que para 50° Brix; 26.10% GSS y finalmente a 40° Brix, 23.80% de GSS; también se distingue que las primeras 4 horas es el periodo de mayor porcentaje de ganancia de sólidos solubles (%GSS). A partir de este tiempo la curva tiende a un crecimiento mínimo. La prueba de comparación de medias de Tukey (Anexo 3.2), para el factor: ganancia de sólidos solubles (GSS) versus concentración, encontró diferencias altamente significativas entre las primeras 4 horas de tratamiento, a partir de este tiempo en adelante el aumento de GSS tiende a tener una curva crecimiento casi insignificante.

En la figura 7 y 8, se observa que las velocidades de pérdida de peso (PP) y ganancia de sólidos solubles (GSS) fueron mayores las dos primeras horas de la deshidratación osmótica.

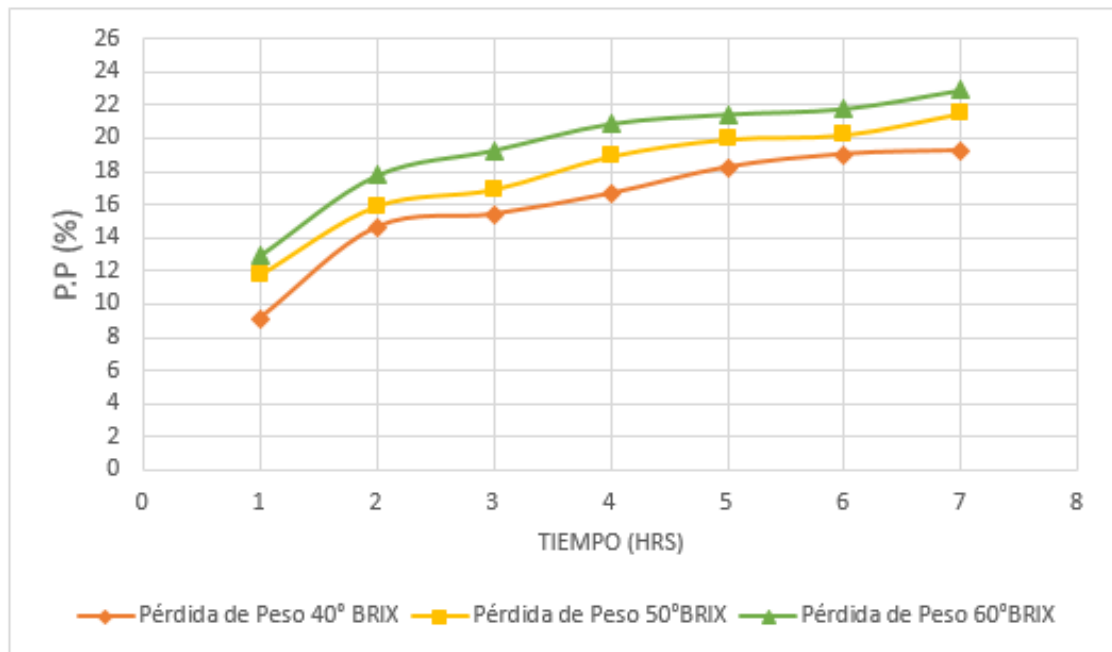


Figura 7. Porcentaje de pérdida de peso durante la DO a 60°C

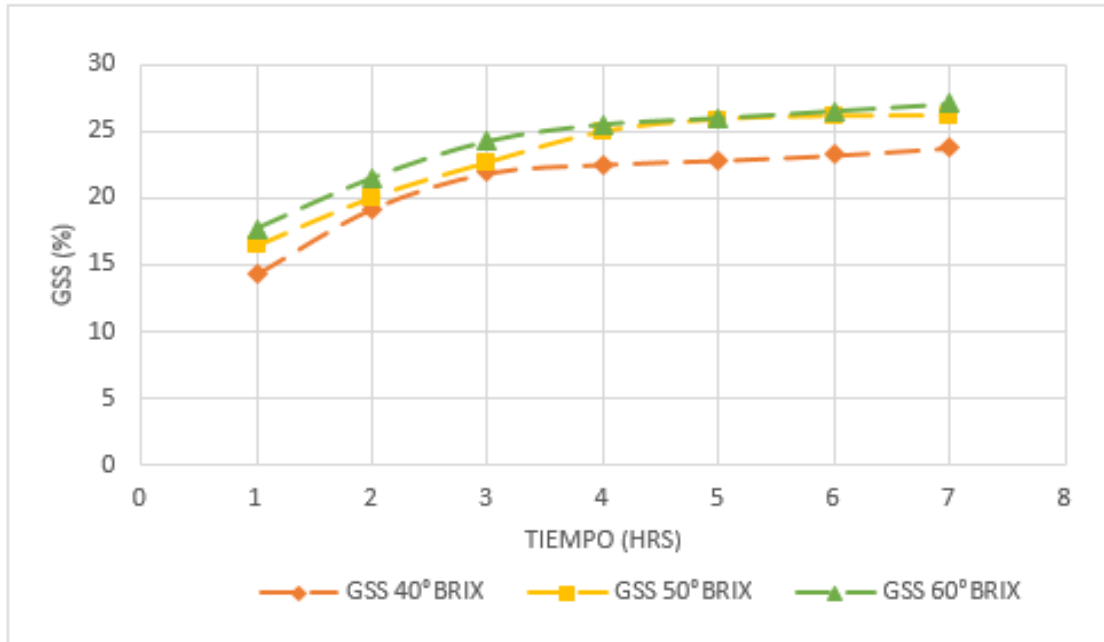


Figura 8. Porcentaje de ganancia de sólidos solubles durante la DO A 60° C

Tabla 10.

*Resultados de las variaciones de pérdida de peso y ganancia de sólidos solubles durante el tratamiento osmótico con jarabe de sacarosa a 70°C*

MUESTRAS (Baño Térmico a 70°C)		Pérdida de peso (PP) (%)	Ganancia de sólidos solubles (GSS) (%)
Concentración (°BRIX)	Tiempo (Horas)		
40	1	13.47 ± 0.67 <sup>e</sup>	17.56 ± 0.38 <sup>d</sup>
	2	15.48 ± 0.61 <sup>d</sup>	21.22 ± 0.45 <sup>c</sup>
	3	18.09 ± 0.74 <sup>c</sup>	22.91 ± 0.52 <sup>bc</sup>
	4	22.40 ± 0.64 <sup>b</sup>	23.29 ± 0.91 <sup>abc</sup>
	5	23.91 ± 0.25 <sup>ab</sup>	24.80 ± 0.21 <sup>a</sup>
	6	24.53 ± 0.14 <sup>a</sup>	25.47 ± 0.27 <sup>a</sup>
	7	25.19 ± 0.13 <sup>a</sup>	25.86 ± 0.10 <sup>a</sup>
50	1	14.75 ± 0.88 <sup>d</sup>	19.09 ± 0.38 <sup>c</sup>
	2	18.79 ± 0.69 <sup>c</sup>	22.33 ± 0.93 <sup>b</sup>
	3	21.50 ± 0.13 <sup>bc</sup>	24.62 ± 0.82 <sup>ab</sup>
	4	24.39 ± 1.37 <sup>ab</sup>	25.94 ± 0.29 <sup>a</sup>
	5	25.11 ± 0.17 <sup>a</sup>	27.37 ± 0.13 <sup>a</sup>
	6	26.2 ± 1.45 <sup>a</sup>	28.01 ± 0.85 <sup>a</sup>
	7	26.67 ± 0.54 <sup>a</sup>	26.82 ± 0.05 <sup>a</sup>
60	1	16.47 ± 0.66 <sup>e</sup>	20.25 ± 0.62 <sup>c</sup>
	2	21.46 ± 0.46 <sup>de</sup>	25.29 ± 0.55 <sup>b</sup>
	3	23.46 ± 0.81 <sup>cd</sup>	27.14 ± 0.45 <sup>bc</sup>
	4	25.1 ± 0.34 <sup>bc</sup>	28.65 ± 0.05 <sup>ab</sup>
	5	26.04 ± 0.67 <sup>ab</sup>	29.43 ± 0.21 <sup>a</sup>
	6	27.05 ± 0.42 <sup>a</sup>	30.54 ± 0.05 <sup>a</sup>
	7	28.22 ± 0.07 <sup>a</sup>	30.76 ± 0.33 <sup>a</sup>

Datos expresados en promedio ± SD, n=7. Valores en una fila con diferentes superíndices indican que son diferentes (p<0.5).

Elaborado por: La autora

En la figura 9, se observa que la curva de aumento de pérdida de peso tiende a un crecimiento más constante y homogéneo, siendo también las cuatro primeras horas donde ocurre mayor aumento de pérdida de peso. Finalizando el tiempo se obtuvo que mayor porcentaje de pérdida de peso es el tratamiento a una concentración de 60°Brix, estos datos experimentales se visualizan en la tabla 10, donde se obtuvo que para 60°Brix se dio una pérdida de peso al 28.22%, y para 50°Brix y 40° Brix, valores de 26.67% y 25.19% respectivamente. Por otro lado, la comparación de medias de Tukey al 5% (anexo 4.1) indica diferencias altamente significativas las cuatro primeras horas en todos los tratamientos (40, 50 y 60°Brix). A partir de este tiempo en adelante (4-7hrs) las medias no presentan diferencias significativas. Por lo que se concluye que los tratamientos no son influyentes respecto a la pérdida de peso a partir de 4ta hora.

Por otro lado, en la tabla 10, se observa que el tratamiento con mayor eficiencia en la ganancia de sólidos solubles (GSS) es el tratamiento a 60°Brix con un 30.76%, mientras que con menos porcentaje se ubica los tratamientos a 50° Brix (26.82%) y 40°Brix (25.86%), valores que no difieren mucho el uno al otro. La prueba de comparación de medias de Tukey (Anexo 4.2), para el factor: ganancia de sólidos solubles (GSS) versus concentración, encontró diferencias altamente significativas entre las primeras 4 horas de tratamiento, a partir de este tiempo en adelante el aumento de GSS tiende a tener una curva crecimiento casi insignificante.

En la figura 10, se observa que las velocidades de pérdida de peso (PP) y ganancia de sólidos solubles (GSS) fueron mayores las dos primeras horas de la deshidratación osmótica llegando a un máximo, a partir del cual el sistema tiende a un equilibrio. Este punto máximo es de 4 horas.

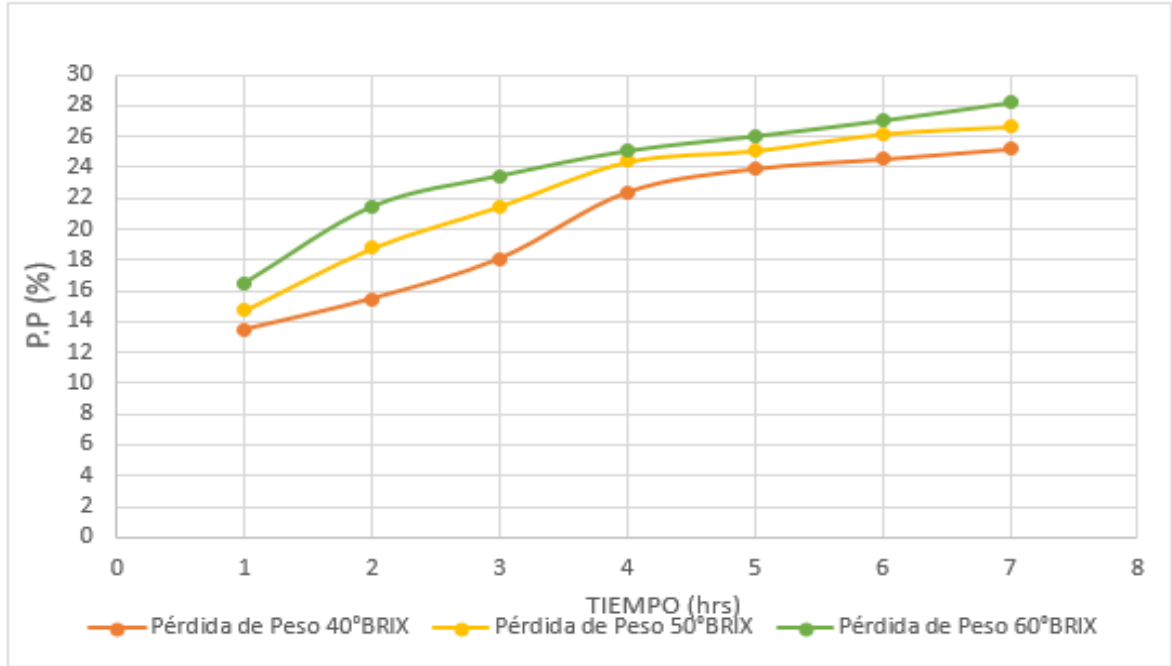


Figura 9. Porcentaje de pérdida de peso durante la DO a 70° C

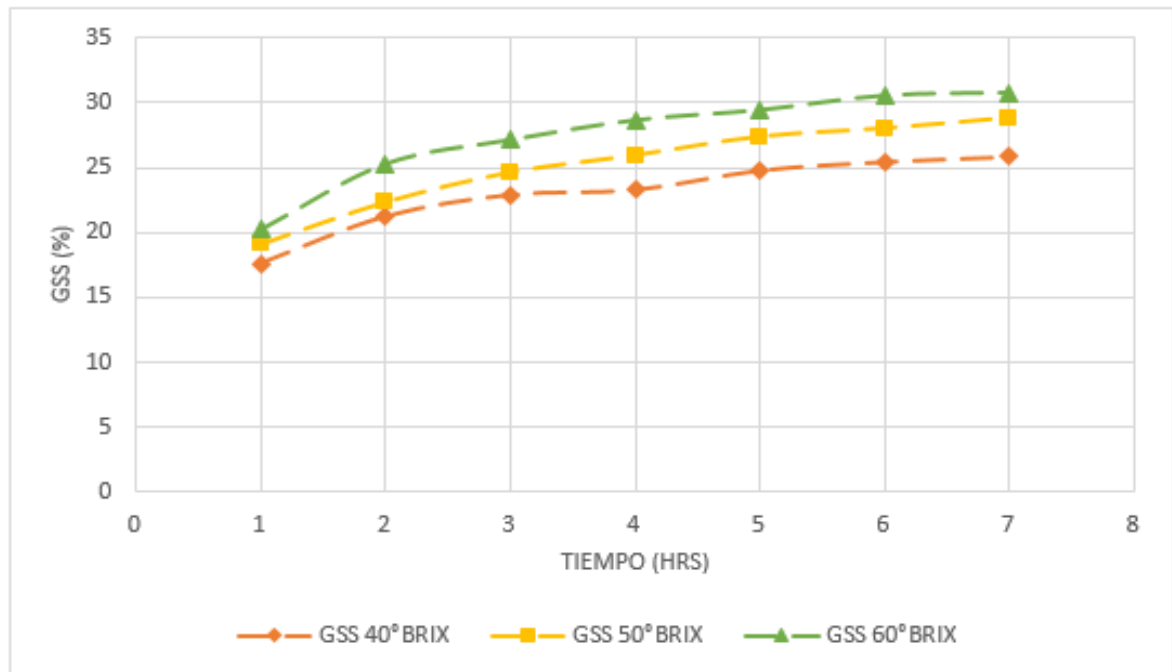


Figura 10. Porcentaje de ganancia de sólidos durante la DOO A 70° C

## 4.4 Proceso de secado convectivo

### 4.4.1 Curvas de secado y curvas de velocidad.

La figura 11 muestra la curva de secado en el tiempo para la mejor piña deshidratada por osmosis a 50 y 60° y la piña fresca deshidratada solo por convección a 60°C.

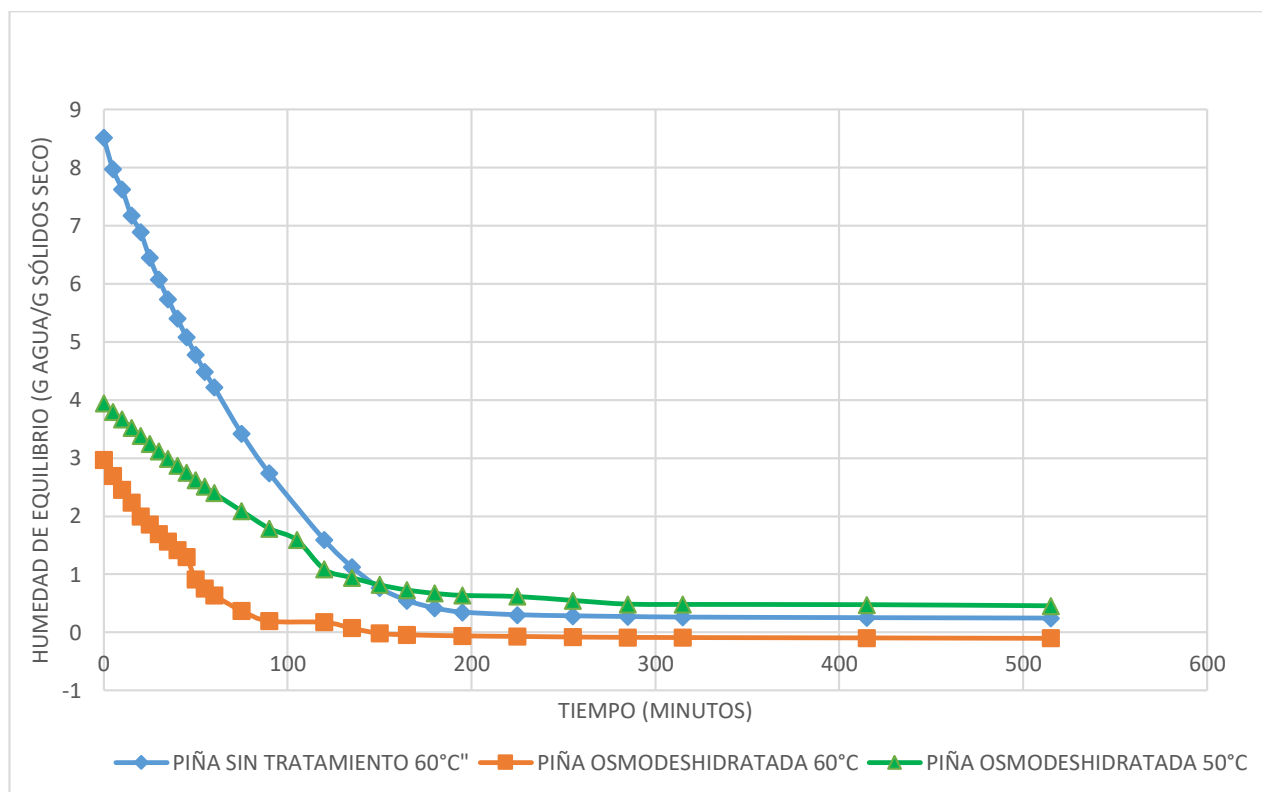


Figura 11. Curvas de secado para la piña do a diferentes temperaturas

Se tiene que la fracción de agua de la piña está dentro de un 86-91%, de lo revisado por bibliografía. Por ello se establece que la humedad máxima que puede contener la piña será de 91%. Con este valor se asegura que cual sea la piña que entre a proceso, está por debajo del límite establecido. Por lo expuesto, se considera la fracción de agua en la piña deshidratada final entre 5-12%, el mismo que es equivalente desde 0.5 kg agua/kg s.s., puesto que este porcentaje de humedad consigue una actividad de



agua ( $a_w$ ) inferior a 0.6, los microorganismos por debajo de esta actividad no se reproducen y permanecen por largos periodos. (Torres y Vega, 2012).

Se puede observar que la pérdida de humedad en las rodajas de piña secada solo por convección a 60°C es relevante del tiempo 0 hasta los 200 min aproximadamente para obtener un contenido de humedad de 0,5 kg agua/kg s.s. Transcurrido este tiempo las muestras ya no presentan disminuciones muy relevantes.

En la curva correspondiente a la piña deshidratada por osmoconvección a 60°C las pérdidas de humedad en las rodajas de piña son más relevantes en el tiempo 0 hasta los 150 min aproximadamente para obtener un contenido de humedad de 0,5 kg agua/kg s.s. Siendo esta la de menor tiempo en la deshidratación.

En el secado de piña deshidratada osmóticamente a 50°C, se puede observar que el tiempo de secado es mayor en comparación con la piña DO a 60°C. La pérdida de humedad es relevante desde el tiempo 0 hasta 200 min aproximadamente.

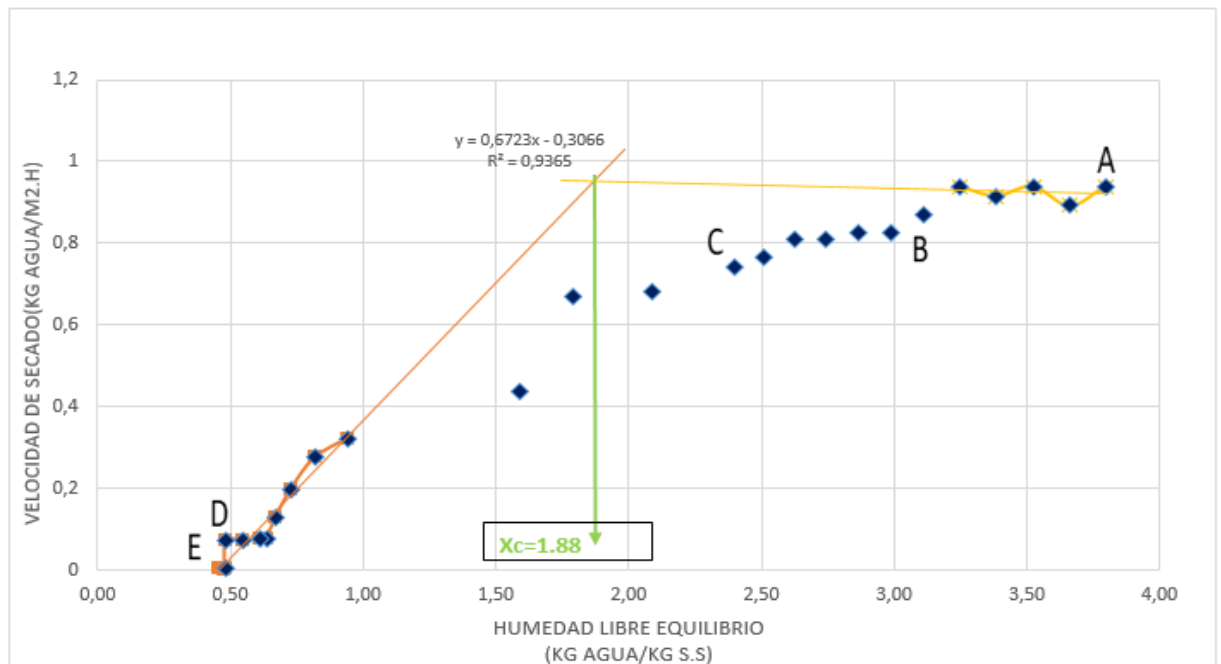


Figura 12. Velocidad de secado de piña DO 50° C

En las figuras 12 y 13 se muestra las curvas de velocidad de secado obtenidas a las dos temperaturas de trabajo (50°C y 60°C), en las figuras se pueden observar que la velocidad de secado se separa en dos periodos: el primero es el periodo constante donde se observa que las curvas si bien no siguen una recta totalmente homogénea, pero si tratan de conservar una tendencia constante hasta llegar a la humedad crítica de 1.88 kg agua/kg s.s y 1, 25 kg agua/kg s.s para las temperaturas de 50°C y 60°C respectivamente; el cual es el punto que separa el periodo de velocidad de secado constante y el periodo de velocidad de secado decreciente. A partir de la humedad crítica; empieza el periodo decreciente, en el cual se observa que conforme va disminuyendo la humedad libre, la velocidad de secado desciende, hasta llegar a un punto donde la humedad libre y velocidad de secado no tienen diferencias significativas, se concluye que a partir de ese momento el secado ha culminado.

Para hallar el punto de humedad crítica a 50° C se trazó una línea de tendencia entre los periodos de secado, en donde se obtuvo un buen coeficiente de regresión exponencial  $R^2 = 0.93$ , comprobando la validez del ajuste realizado.

En la figura 13, en el periodo constante se observa que la humedad libre está en el rango de  $3.24 \frac{Kg \text{ agua}}{Kg \text{ s.s}}$  hasta un valor crítico de  $1.88 \frac{Kg \text{ agua}}{Kg \text{ s.s}}$ . El periodo de velocidad decreciente comienza desde la humedad libre crítica de  $1.88 \frac{Kg \text{ agua}}{Kg \text{ s.s}}$  hasta la humedad libre final de  $0.48 \frac{Kg \text{ agua}}{Kg \text{ s.s}}$ , rango de humedad donde la velocidad de secado ya no varía linealmente con la humedad de la piña. Para hallar el punto de humedad crítica a 60°C se trazó una línea de tendencia entre los periodos de secado, en donde se obtuvo un buen coeficiente de regresión exponencial  $R^2 = 0.94$ , comprobando la validez del ajuste realizado.

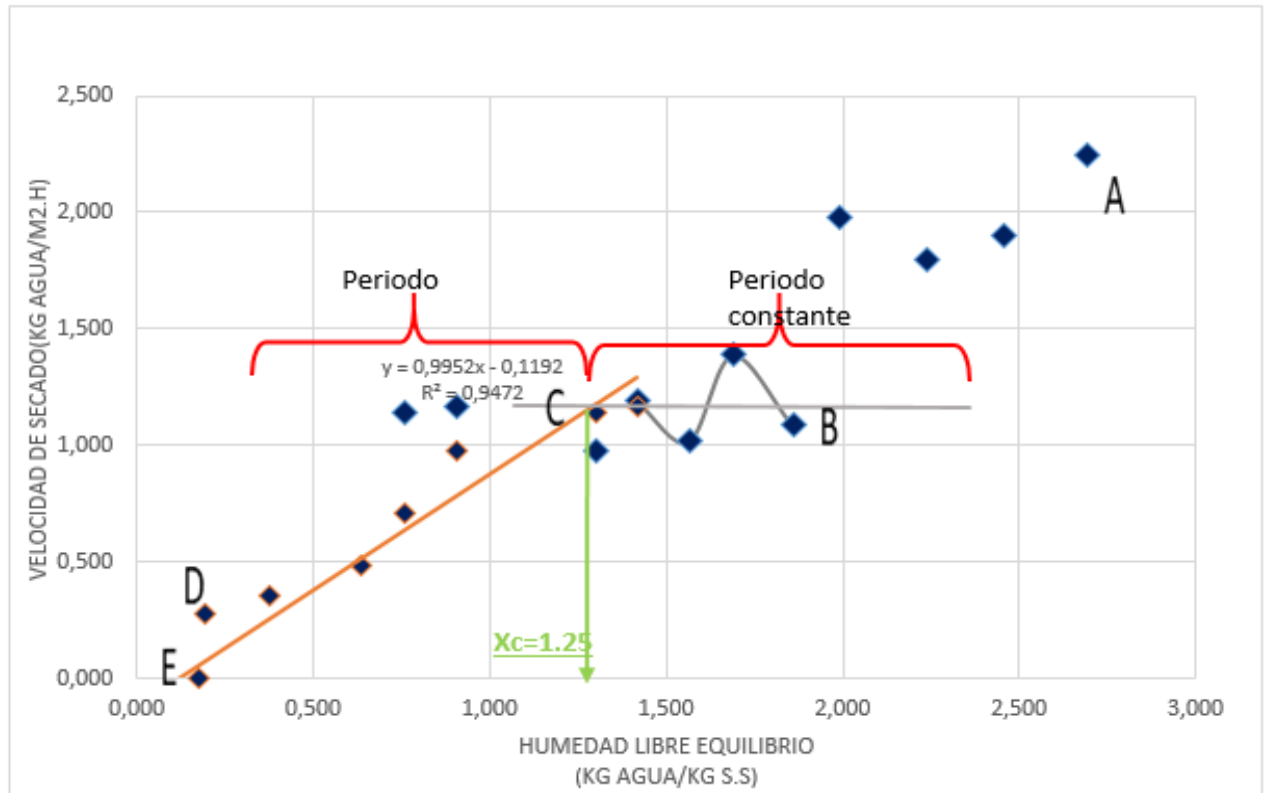


Figura 13. Velocidad de secado de piña DO 60° C

En la figura 14, en el periodo constante se observa que la humedad libre está en el rango de  $1.86 \frac{Kg\ agua}{Kg\ s.s}$  hasta un valor crítico de  $1.25 \frac{Kg\ agua}{Kg\ s.s}$ . Durante este periodo se obtuvieron valores de velocidad constante de secado de  $1.13 \frac{Kg}{m^2.h}$ , retirando 39.53% de humedad, con un tiempo de 1.29h, rango donde la velocidad de secado varía linealmente con respecto a la humedad libre de las rodajas de piña para 60°C.

El periodo de velocidad decreciente comienza desde la humedad libre crítica de  $1.25 \frac{Kg\ agua}{Kg\ s.s}$  hasta la humedad libre final de  $0.17 \frac{Kg\ agua}{Kg\ s.s}$ , rango de humedad donde la velocidad de secado ya no varía linealmente con la humedad de la piña. Durante este periodo se retiró 53.08% de humedad en un tiempo de 2.21h. Siguiendo el mismo procedimiento, se logró calcular la velocidad de secado en cada tratamiento, expuestas en la tabla 12.

Tabla 11.

*Valores de velocidad de secado constante.*

Velocidades de Secado (Kg/m <sup>2</sup> . h)		
TRATAMIENTOS	60°C	50°C
Piña sin tratamiento	1.83	1.28
piña D.O	1.3	0.92

Fuente: Datos reportados según análisis por la USIL, 2019.

#### 4.4.2 Determinación de tiempo de secado

##### 4.4.2.1 Cálculos para determinar el tiempo de secado constante

Según el procedimiento expuesto por Geankopolis (1998), en la figura 13, se puede observar y concluir que el periodo de velocidad constante se encuentra en la trayectoria de los puntos BC (anexo 5.2), lo que corresponde a los valores de R comprendidos entre  $1.08441 \frac{Kg_{agua}}{m^2.h}$  y  $0.97524 \frac{Kg_{agua}}{m^2.h}$ , promediando todos estos datos se obtiene como velocidad constante ( $Rc$ ) =  $1.13 \frac{Kg_{agua}}{m^2.h}$ .

Quedando la ecuación del cálculo del tiempo de secado en el periodo constante:

$$t = \frac{L_s}{A \cdot Rc} (X_1 - X_2)$$

$$t = \frac{0.0185 \text{ Kg}_{agua} / \text{Kg}_{s.s}}{0.0330 \text{ m}^2 * 1.13} (4.16 \text{ Kg}_{agua} / \text{Kg}_{s.s} - 1.29 \text{ Kg}_{agua} / \text{Kg}_{s.s})$$

$$t = 1.29h$$

#### 4.4.2.2 Cálculos para determinar el tiempo de secado decreciente

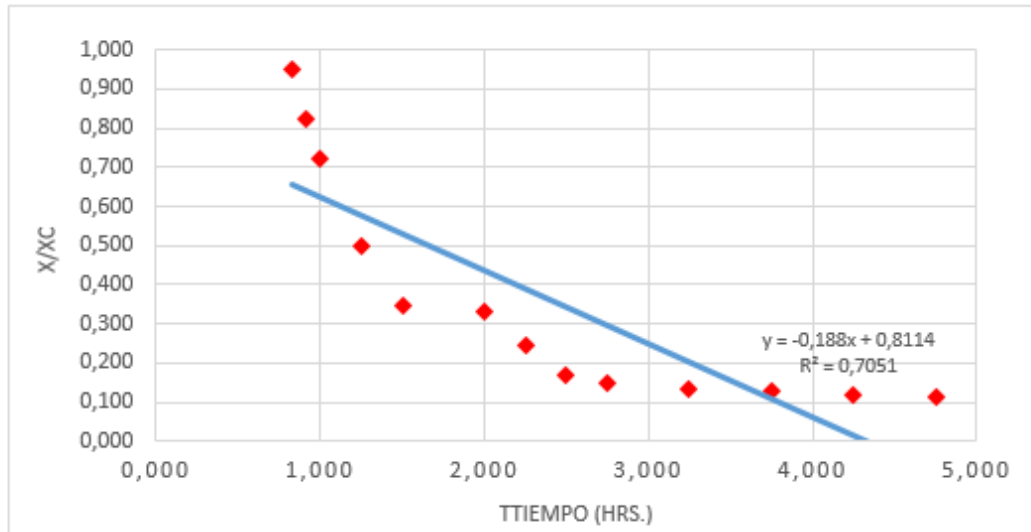


Figura 14. Representación gráfica para hallar coeficiente de difusividad a 60 °C

Previo a la determinación de secado, es necesario primero comprobar el mecanismo de migración del agua y coeficiente de difusión.

Se entiende que cuando el mecanismo de migración es por flujo capilar; la velocidad de secado  $R_c = 1.13 \frac{Kg_{agua}}{m^2.h}$ . (calculada en el anexo 5.2.) y  $R_{c1} = 0.06 \frac{Kg}{h.m^2}$  calculada en el anexo 5.3, deben concordar. Caso contrario se concluye que el mecanismo de migración y/ o desplazamiento de la humedad se realiza por difusión. En este caso, se concluye que el mecanismo de transferencia de masa por difusión es la que domina la operación de eliminación de agua.

En el periodo de velocidad decreciente, el secado se va controlando por la difusión. En la figura 15 se muestra la recta de tendencia entre  $X/XC$  (Humedad de equilibrio/humedad crítica) con respecto al tiempo (hrs), en donde se obtuvo un coeficiente de regresión exponencial  $R^2 = 0.705$ , comprobando la validez del ajuste realizado. Esta representación nos sirve de

referencia gráfica adicional para la deducción del tipo de secado (difusión o flujo capilar); corroborando que, en el periodo decreciente la migración de humedad es por difusión.

En el anexo 5.4; se realizaron los cálculos para la determinación del coeficiente de difusión en la piña deshidratada por osmoconvección según la metodología establecida por Geankopolis, 1998. Obteniendo como resultado  $2.19 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ .

A continuación, se realizó los cálculos para determinar el tiempo de secado en el periodo decreciente.

$$t = \frac{4 \cdot d^2}{\Pi^2 \cdot D_L} \ln \frac{8 \cdot X_2}{\Pi^2 \cdot X_3}$$

$$t = \frac{4 \cdot (0.025)^2 \cdot \text{m}^2}{\Pi^2 \cdot (2.19 \times 10^{-4} \text{m}^2/\text{s})} \times \ln \frac{8 \cdot (1.25 \text{Kg}_{\text{agua}}/\text{Kg}_{\text{s.s}})}{\Pi^2 \cdot (0.15 \text{Kg}_{\text{agua}}/\text{Kg}_{\text{s.s}})}$$

$$t = 2.21 \text{ h.}$$

$$\text{Tiempo de secado Total} = 1.29 \text{ h} + 2.21 \text{ h} = 3.5 \text{ h}$$

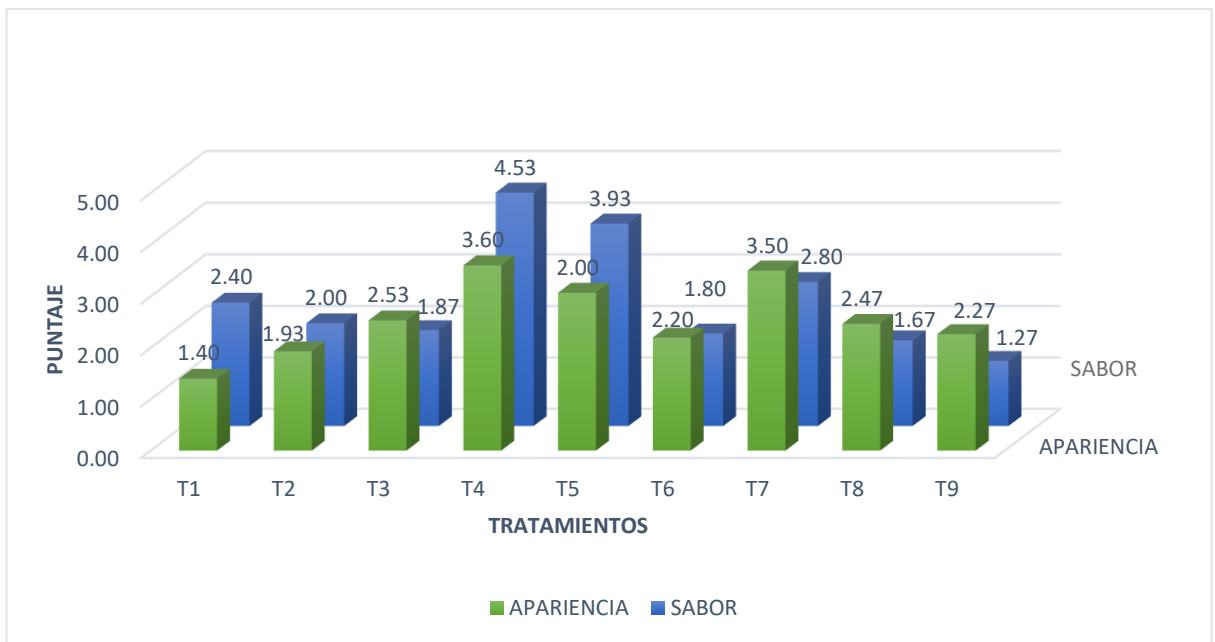
## 4.5 Evaluación sensorial

### 4.5.1 Evaluación sensorial en la deshidratación osmótica

En la figura 15, se muestran los puntajes obtenidos de la evaluación sensorial de las rodajas de piña sometida a la deshidratación osmótica; donde se analizó parámetros sensoriales de apariencia y sabor.

En cuanto a apariencia el mejor tratamiento fue T4; el cual obtuvo una puntuación promedio de 3.60; seguido de T7 con un puntaje de 3.50; y T5 con un puntaje de 2.53. El tratamiento con menos puntaje fue el T1 (40°Brix a 50°C), el cual se puede deber a que la muestra conservaba una apariencia parecida a la materia prima.

Con respecto al sabor; se obtuvo una alta puntuación en el T4 de 4.53; en comparación con las otras muestras los panelistas consideraron a este tratamiento como el más agradable sensorialmente. Seguido por los tratamientos T5 y T7, con una puntuación de 3.93 y 2.80 respectivamente. El tratamiento con menor agrado para los panelistas con respecto al sabor fueron T3, T6, T8 y T9; teniendo en cuenta las observaciones en la encuesta sensorial; los panelistas señalan que el grado de dulzor es muy alto (60° Brix).



*Figura 15. Evaluación sensorial en la DO (Atributos: apariencia y sabor)*

Los resultados del análisis estadístico de la deshidratación osmótica; para la calificación de panelistas (15) según atributos de apariencia general y sabor, se muestran en la tabla 13.

Tabla 12.

*Resultados de evaluación sensorial por atributo de apariencia y sabor*

Tratamiento	Apariencia	Sabor
T1	1.4 ± 0.63 <sup>d</sup>	2.4 ± 0.99 <sup>bc</sup>
T2	1.93 ± 0.70 <sup>cd</sup>	2.0 ± 0.76 <sup>bcd</sup>
T3	2.53 ± 0.92 <sup>bc</sup>	1.87 ± 0.92 <sup>bcd</sup>
T4	3.60 ± 1.12 <sup>a</sup>	4.53 ± 0.64 <sup>a</sup>
T5	3.0 ± 0.96 <sup>ab</sup>	3.93 ± 0.88 <sup>a</sup>
T6	2.20 ± 1.21 <sup>bcd</sup>	1.80 ± 0.56 <sup>cd</sup>
T7	3.60 ± 0.63 <sup>a</sup>	2.73 ± 0.96 <sup>b</sup>
T8	2.47 ± 0.52 <sup>bc</sup>	1.67 ± 0.72 <sup>cd</sup>
T9	2.27 ± 0.70 <sup>bcd</sup>	1.27 ± 0.46 <sup>d</sup>

Datos expresados en promedio ± SD, n=9. Valores en una fila con diferentes superíndices indican que son diferentes (p<0.5).

Me disgusta mucho: 1; Me disgusta: 2; ni me gusta ni me disgusta: 3; me gusta: 4; me gusta mucho: 5

Elaborado por: la autora

Después de hacer un contraste con los 9 tratamientos de deshidratación osmótica expuestos en la tabla 13, se realizó la prueba de (ANOVA de un factor) anexo 6.1, para saber si existe diferencia significativa entre las medias. Se encontraron diferencias significativas en la calificación de los 15 panelistas. La comparación de medias de Tukey al 5% (p<0.05) muestran que los puntajes más altos en apariencia son T4 y T7, donde las diferencias de medias entre ellas son insignificantes, por tanto, como mejor tratamiento en cuanto a su apariencia general es T4, con un promedio de 3.60± 1.22<sup>a</sup> al igual que T7 con un promedio de 3.60 ± 0.63<sup>a</sup>.

Con respecto al atributo de sabor; se procedió a realizar la comparación de medias mediante Tukey al 5%. Obteniendo como mejor tratamiento a T4, con un puntaje de 4.53 ± 0.64<sup>a</sup>, seguido por el tratamiento T5 con 3.93 ± 0.88<sup>a</sup>; considerando a T4 y T5 con diferencias de medias no significativas. Mencionado lo anterior se deduce que; tanto T4 y T5, son los



tratamientos con mayor puntaje en el análisis de sabor, seguido por el T7 con un puntaje de  $2.73 \pm 0.96^b$ .

#### **4.5.2 Evaluación sensorial en la deshidratación convectiva**

Para determinar si los parámetros de la deshidratación por osmoconvección fueron adecuados; se realizó, una evaluación adicional usando un umbral de muestra (TM) comercializada en los supermercados (Marca: Visana snack) y también piña deshidrata sin previo tratamiento (TP).

En la figura 16 se muestra el análisis de los parámetros sensoriales: apariencia, sabor, color y textura, tomando en consideración los resultados de los 4 tratamientos, el mejor puntaje general obtenido fue el de T60, correspondiente al secado por aire caliente a 60°C de la muestra con previo tratamiento osmótico (T4)

En cuanto a apariencia general el tratamiento T60 obtuvo una puntuación promedio de 4.30; seguido por T50 con un puntaje de 3.97 y TP Y TM con un puntaje inferior de 2.33 y 1.67 respectivamente; según observaciones de la encuesta; esto se debe a los panelistas no vieron con agrado la apariencia de la muestra TM con cortes discontinuos y TP con un color amarillo claro opaco.

Con respecto a sabor se obtuvo una puntuación en T4 de 4.37; seguido por los tratamientos T5, y TM con puntajes de 3.63, 3.23 respectivamente, el tratamiento TP obtuvo el puntaje más bajo con un valor de 1.9, según los panelistas mencionan que la acidez del producto era muy alta. Para atributo color el mayor puntaje obtenido fue T60 con un valor de 4.00. Seguido por T50 con 3.73; en el caso de TM y TP se observa un bajo puntaje, que según observaciones de los panelistas TM presenta un color amarillo oscuro y opaco, y TP se debe al color amarillo tenue opaco que presentaba la muestra.

Finalmente; para el atributo textura, se estable una puntuación promedio de 3.33 y 3.03 para T60 y TM respectivamente, siendo estos valores con mayor relevancia para análisis de textura. Por otro lado, T50 (puntaje: 2.83) y TP (puntaje: 2.1) muestran los valores más bajos que los mencionados.

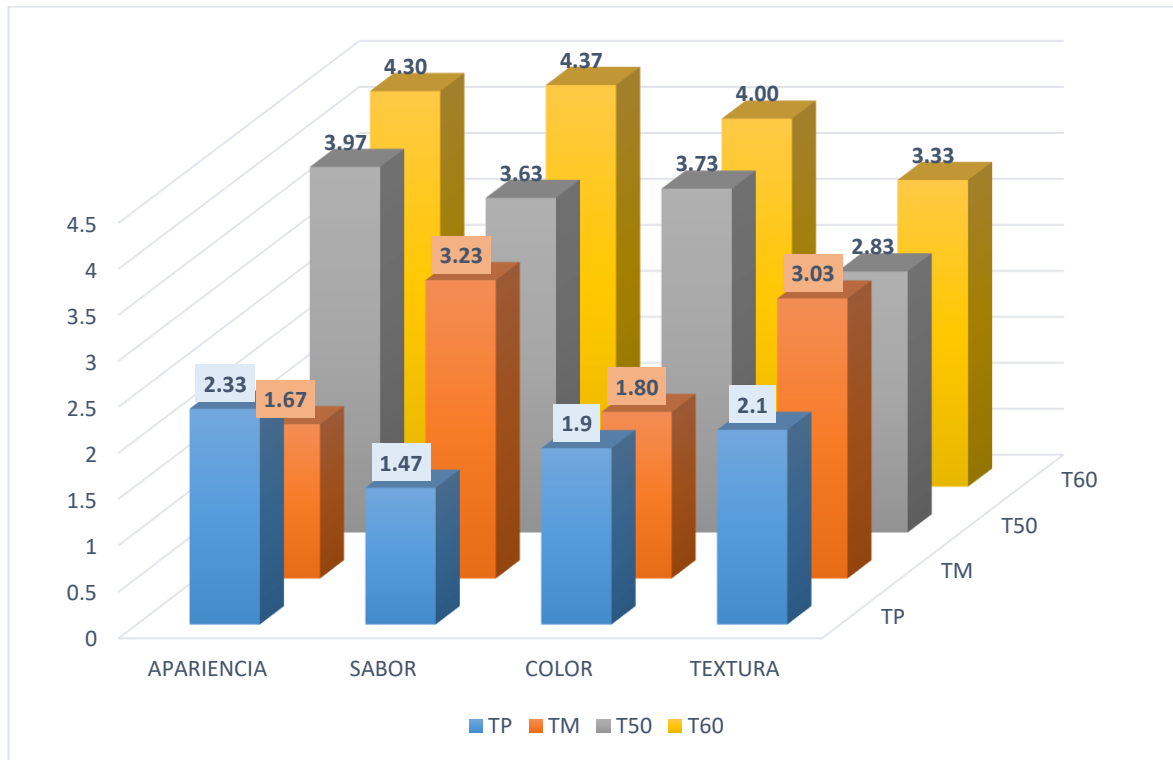


Figura 16. Evaluación sensorial según atributo en la DAC

Los resultados del análisis estadístico del secado convectivo; para la calificación de panelistas (30) según atributos de apariencia general, sabor, color y textura, se muestran en la tabla 14.

Después de haber encontrado diferencias significativas (ANOVA de un factor) anexo 7.1; entre los 4 tratamientos de deshidratación convectiva, se realizó la prueba de Tukey al 5% para la comparación de medias

Tabla 13.

*Resultados de evaluación sensorial por atributo de apariencia y sabor*

Tratamiento	Apariencia	Sabor	Color	Textura
T50	3.97 ± 0.77 <sup>a</sup>	3.63 ± 0.85 <sup>b</sup>	3.73 ± 0.74 <sup>a</sup>	2.83 ± 0.70 <sup>b</sup>
T60	4.30 ± 0.81 <sup>a</sup>	4.37 ± 0.72 <sup>a</sup>	4.0 ± 0.74 <sup>a</sup>	3.33 ± 0.76 <sup>a</sup>
TM	1.67 ± 0.66 <sup>c</sup>	3.23 ± 0.57 <sup>b</sup>	1.8 ± 0.76 <sup>b</sup>	3.03 ± 0.72 <sup>ab</sup>
TP	2.33 ± 0.84 <sup>b</sup>	1.47 ± 0.51 <sup>c</sup>	1.9 ± 0.61 <sup>b</sup>	2.10 ± 0.55 <sup>c</sup>

Datos expresados en promedio ± SD, n=3. Valores en una fila con diferentes superíndices indican que son diferentes (p<0.5).

Me disgusta mucho: 1; Me disgusta: 2; ni me gusta ni me disgusta: 3; me gusta: 4; me gusta mucho: 5

Elaborado por: La autora

Se encontraron diferencias significativas en la calificación de los 30 panelistas. La comparación de medias de Tukey al 5% (p<0.05) muestran que los puntajes más altos en apariencia son T50 y T60 con valores de 3.97 ± 0.77a y 4.30 ± 0.81a respectivamente, donde las comparaciones de medias entre ellas son insignificantes; por tanto, como mejores tratamientos en cuanto a su apariencia general es T50 y T60.

Con respecto al sabor; la prueba de Tukey al 5%, indica como mejor tratamiento a T60 con un valor 4.37 ± 0.72a. Así también, muestra que en los tratamientos T50 y TM con valores de 3.63 ± 0.85b y 3.23 ± 0.57b respectivamente, no se encuentran diferencias significativas entre sus medias, por lo que se concluye que estos tratamientos (T50 y T60) tienen una aceptabilidad de sabor muy similar. Caso contrario el tratamiento TP, muestra los niveles más bajos de aprobación entre todos los atributos.

Con respecto al color, los tratamientos con mayor puntaje fueron T50 y T60 con valores de 3.73 ± 0.74a y 4.0 ± 0.74a respectivamente, en los cuales se encontró diferencias significativas entre sus medias, concluyendo que con respecto al análisis sensorial por color estos

tratamientos tienen una aceptación similar. Por otro lado, en el tratamiento TM con un valor de  $1.8 \pm 0.76b$  y TP con un valor de  $1.9 \pm 0.61b$ , se encontró diferencias altamente significativas, siendo estos tratamientos con menor aceptabilidad en color por los panelistas.

Finalmente, en el análisis correspondiente a textura; los 4 tratamientos presentan diferencias significativas entre sus medias. Siendo el de mayor preferencia el tratamiento T60 con un valor de  $3.33 \pm 0.76a$ , seguido por los tratamientos TM y T50 con un valor de  $3.03 \pm 0.72ab$  y  $2.83 \pm 0.70b$  respectivamente y finalmente TP con un valor de  $2.10 \pm 0.55c$ .

#### **4.6 Caracterización del producto**

Los resultados de estos análisis pueden verse en la tabla 15. En comparación con la materia prima, el proceso influyó esencialmente en el contenido de humedad con un valor de 18.54%; así mismo, el contenido de carbohidratos fue relevante para la piña procesada con un aumento considerable de 11.13 a 80.03cal, esto debido a la impregnación de jarabe de sacarosa al alimento.

Por otro lado, se registraron ligeras pérdidas de proteínas (de 0.35% a 0.32%), grasas (de 0.22 a 0.2%) y la acidez expresa en ácido cítrico con valor inicial de 0.39 mg de ácido cítrico a un valor final de 0.33mg de ácido cítrico.

El contenido de fibra y ceniza aumento ligeramente con valores de 0.5% a 0.69% y 0.1% a 0.22% respectivamente y en el Ph con valores que van desde 4.04 a 4.3; no se encontraron aumentos relevantes.

Otros análisis que cambio considerablemente fueron los sólidos solubles ( $^{\circ}$ Brix), los cuales empezaron con un grado Brix muy bajo  $10.58^{\circ}$ Brix y culminaron con  $23.8^{\circ}$  Brix.

En la tabla 15 se observa el contenido de vitamina C en las muestras con previa D.O (c/DO) y sin previa D.O (s/DO); con valores de 28.36 mg /100gr y 18.92 mg/100gr respectivamente; comparando estos dos

resultados con el contenido de vitamina C de la piña Samba fresca (41 mg/100gr), muestran claramente una pérdida de vitamina C considerable; en cuanto a la inmersión en jarabe a una temperatura y tiempo determinado; sin embargo, mayores pérdidas de vitamina C, se producen durante el secado convectivo debido a su sensibilidad a altas temperaturas.

Tabla 14

*Resultados de análisis proximal y fisicoquímicos de piña Samba de Chanchamayo deshidratada por osmo- convección*

Análisis	Resultados	
	Piña Fresca	Piña procesada
Humedad (%)	87.70	18.54
Proteína	0.35	0.32
Grasa	0.22	0.20
Fibra	0.5	0.69
Ceniza	0.1	0.22
Carbohidratos	11.13	80.03
pH	4.04	4.3
Acidez expresado (% ácido cítrico)	0.39	0.33
Sólidos solubles (°Brix)	10.58	23.8
Vitamina C	41 mg	Con DO 28.36 Sin DO 18.92

Elaborado por: La autora

## **CAPITULO V**

### **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

#### **5.1 Análisis proximal de la pulpa de piña Samba de Chanchamayo**

La humedad inicial de la piña variedad Samba fue de 87.70%, valor por debajo al reportado por, Ever, (2008), que en el análisis de Piña Cayena Lisa obtuvo un porcentaje de humedad de 86.6% y al reportado por la tabla peruana de composición de alimentos (2009), en donde indica que la piña contiene una humedad promedio de 89.3%.

Por otro lado, en cuanto al contenido de proteínas, el valor obtenido fue bajo (0.35%), aunque dentro del rango según lo reportado por la tabla peruana de composición de alimentos; (2009) que registra un valor de 0.4%; así mismo Espinosa; 2018, reporta un contenido de proteínas de 0.5% para la piña.

El contenido de grasa de la pulpa de piña fue de 0.22%, datos muy similares establecidos por la Ever, 2008, con un valor de 0.23%; así mismo, estos datos son parecidos también a lo reportado por tabla peruana de composición de alimentos (2009), con un valor de 0.2%.

El contenido de fibra cruda obtenido fue de 0.5%, dato muy semejante a lo establecido por la tabla peruana de composición de alimentos (2009); también con un valor de 0.5%. Por otro lado, Cubas, Seclén & León; 2016, en un estudio de la piña criolla Trujillo, establecieron un contenido de fibra de 0.62%.

En cuanto a ceniza los valores obtenidos en el análisis fue 0.95%, datos similares a lo establecido por Ever, 2008 con un valor de 1.10%. Por otro lado, los datos obtenidos son mayores en comparación con la tabla peruana de composición de alimentos (2009); con un valor de 0.3%.

Con respecto al contenido de carbohidratos se reportó 11.13cal, datos parecidos a lo establecido por Espinosa; 2018, con un valor de 11.50cal; mientras que, en la tabla peruana de composición de alimentos (2009); señala un contenido de carbohidratos menores 9.8%. Según Cubas, Seclén & León; 2016, en un estudio de la piña criolla Trujillo, las características de la piña pueden variar entre frutas de la misma especie por factores genéticos o agro culturales.

## **5.2 Análisis fisicoquímico de la pulpa de piña Samba de Chanchamayo**

Egas & Ortega, 2011, señalaron que para la variedad de piña Cayena Lisa el pH obtenido fue de 3.6; muy por debajo del obtenido en el análisis de la piña variedad Samba con un valor de 4.04. Datos similares se obtuvo con García et al (2018), con un pH de 4.35.

Referente a la acidez expresada por el valor obtenido para la piña variedad Samba que fue de 0.39%, este estuvo muy por debajo de los obtenidos por Flores (1997), que alcanzaron un valor de 0.62% para la piña variedad Samba, y la muestra de García et al, 2018, que logró un valor de 0.89%. Por otro lado, el resultado sí logró ser parecido al obtenido el 2010 por Yupanqui, que fue un valor de 0.42% para el mango.

En cuanto a los sólidos solubles se obtuvo 10.58°Brix para la piña variedad Samba, mientras que Flores para la misma variedad obtuvo 9°Brix, y Cubas et al. en el 2016 mencionaron que los grados Brix para la piña fueron de 10.8°Brix., datos parecidos a los analizados.

Por otro lado, el índice de madurez obtenido fue de 27.13%; al respecto, se realizó una comparación con lo planteado por Morales (2001), quien obtuvo para la piña nativa cv. India, 34.5% de valor por encima del analizado en este proyecto.

Con respecto a la Vitamina C, el valor obtenido fue de 41mg/100gr. Desde otros puntos de vista, Espinoza (2018) determinó un valor de 20mg.; mientras que en la tabla peruana de composición de alimentos se señaló el 2009, un valor de 19.9mg.; en este mismo sentido, Egas y Orteg (2011) en el análisis de piña Cayena Lisa obtuvieron un valor de 16.20mg, que se constituyó como el dato más bajo obtenido en esta investigación. En base a lo expuesto, se dedujo que el contenido de vitamina C en la piña variedad Samba es alto si se compara con las otras variedades de piña.

### **5.3 Cinética de deshidratación osmótica de la piña**

De acuerdo con los antecedentes bibliográficos una de las variables que se tiene en cuenta para la realización de estos estudios, es la cinética de pérdida de peso y ganancia de sólidos solubles.

En las tablas 9, 10 y 11 se contrastaron la pérdida de peso a diferentes temperaturas, siendo la más eficiente el tratamiento a 70°C. Giraldo et al, 2013 mencionan que “La pérdida de peso en la piña a distintas concentraciones es debido a la cantidad de agua trasferida desde la piña al medio osmótico, es mayor que la cantidad de sólidos solubles que migran desde del medio hipertónico” (p.4). Así mismo, si se busca aumentar la pérdida de peso en el producto, puede usarse una elevada concentración de jarabe, como el caso de los productos confitados. Al tratarse de un proceso de deshidratación, la pérdida



de peso y ganancia de sólidos se convierten en una de las más importantes variables.

En las figuras 6, 8 y 10 se observa como el incremento de temperatura favorece la pérdida de peso. Un estudio realizado por Arias et al 2017, señala:

El aumento de la temperatura beneficia el aumento en la pérdida de peso y agua, posiblemente por el mismo efecto de la concentración (GSS), que está relacionada a permitir una mayor permeabilidad celular por la desnaturalización de las membranas; con mayor estimulación del movimiento celular del tejido (P. 8)

En consecuencia, se genera un aumento en la velocidad de transferencia de materia. Así mismo Flores (1997), señala que mientras más aumente la temperatura de un jarabe, la presión osmótica es mayor y en consecuencia se aumenta la salida de agua hacia la célula.

En las figuras 5,7 y 9 se puede establecer que los mayores porcentajes de pérdidas de peso y agua se lograron los primeros 120 min. en todos tratamientos de D.O. Al respecto Alakali et al. (2006) en un estudio realizado en la deshidratación osmótica de mango, expuso que “en los primeros 100 min en la D.O, el ingreso de solutos y la salida de agua tienen un periodo de mayor velocidad, después de este tiempo el proceso sufre una disminución de velocidad que se reduce cada vez más conforme pasa el tiempo. Un estudio matemático en la deshidratación osmoconvectiva en frutas, observó que, “en las dos primeras horas del proceso, tanto la pérdida de peso como la ganancia de sólidos son altas; pasadas estas horas, las velocidades sufren una disminución”. (Ramaswamy, 2005; Cortez, 2001), mencionado por Mendoza et al, 2018.

Barbosa (1996) citado por Hernández & Cornejo (2016), explica que la “D.O se desarrolla en dos fases: una inicial de alta velocidad que dura aproximadamente 2 horas y otra final que tiende a disminuir entre 2 y 5 horas finales del proceso”.

En las figuras 6 (tratamientos a temperatura de inmersión 50°C); el aumento de pérdida de peso empieza a tomar una curva constante a partir de las 5ta horas de tratamiento; en la figura 8 (tratamientos a temperatura de inmersión 60°C), se verifica una curva constante entre la 4ta hora de tratamiento, por consiguiente, el que obtuvo mayor eficiencia de pérdida de peso y agua fue el tratamiento a 70°C, donde alcanzó un equilibrio solo a las 4ra hora de tratamiento.

Por tanto, se concluye que los tiempos de deshidratación osmótica respecto a la temperatura son los siguientes: para 50°C es de 5 horas, para 60 y 70°C es de 4 horas; ya que, a partir de estos tiempos señalados, la curva de P.P empezó a tomar valores no significativos. Della, 2010., menciona que “Durante la D.O la velocidad de transferencia de masa se reduce hasta llegar al equilibrio y es allí cuando este alcanza la velocidad constante se concluye que es el final del proceso osmótico”. (p.61). Datos parecidos obtuvo Mendoza et al, 2017, con un tiempo de deshidratación osmótica entre 3 y 4 horas para la piña de variedad hawaiana. Al respecto Yupanqui, 2010, señaló que el tiempo óptimo de deshidratado osmótico para el mango es de 5 horas usando jarabe de sacarosa y Quiñones, 2019, menciona que el tiempo adecuado para la deshidratación de manzana delicia es de 4 horas.

Así mismo Pereira et al (2013), indica que la temperatura presenta dos efectos: “El primero es que mientras más aumenta la temperatura facilita la agitación molecular y mejora la velocidad de difusión. El segundo es que la temperatura logra la modificación de la membrana celular con un aumento de la temperatura”. (p.23). Según Della, 2010, la temperatura estimada para la variación de la membrana en las frutas es entre 50 y 55°C.

Finalmente, en las figuras 5, se presenta una variabilidad de pérdida de peso inconstante en la segunda y cuarta hora de tratamientos, tomando una curva negativa solo en estos rangos de tiempo. Un estudio realizado en la osmodeshidratación de cocona a 50°Brix por Vázquez; 2007, también observó este fenómeno concluyendo que el “peso aumenta y luego

disminuye debido a que a esta concentración la velocidad de deshidratación es menor que el ingreso de sólidos”.(p.45).

Al respecto, García et al, 2013, menciona que la “D.O puede tomar valores negativos en las primeras horas; lo que significaría que lejos de perder peso durante el tratamiento osmótico; se ganó peso levemente, esto se debe cuando se produce una impregnación de solutos al producto mediante el jarabe empleado como solución osmótica, hasta restablecer valores marcados de pérdida de peso, que después llegara a tomar un equilibrio”. (p.18).

Cornejo & Nuñez, 2000, en un estudio matemático de la D.O en la carga papaya “indicaron que la concentración del agente osmótico y temperatura del medio tienen un efecto relevante en la pérdida de peso, no obstante, conforme transcurre el tiempo, la temperatura deja de tener influencia en la pérdida de peso”. (p.9). En otras palabras, que, el período final del proceso, la temperatura provoca una pequeña variación no significativa en el porcentaje de pérdida de peso.

En las figuras 6, 8 y 10 se muestra el comportamiento que siguen las curvas con relación a la ganancia de sólidos solubles obtiene una mayor ganancia de sólidos solubles en el tratamiento de 60 °Brix, seguido de 50°Brix y por último 40°Brix.

Lo cual indica que, mientras mayores sean las concentraciones de jarabe de sacarosa, mayor será la ganancia de solutos. Estos datos son parecidos a los establecidos por López & Huertas, 1998, los cuales realizaron D.O de fresa utilizando jarabe de sacarosa a 65° Brix.

Arias et al., 2017, señalan que cuando se incrementa la concentración del jarabe, incrementa también la ganancia de sólidos. Por otro lado, también mencionan que la concentración del jarabe afecta significativamente sobre la velocidad de salida de

agua; debido que, al haber una diferencia de concentración alta entre ambos lados de la membrana, aumenta la presión osmótica. (p.7).

En las tablas 9, 10 y 11 se observa que “la pérdida de peso y la velocidad de secado incrementa con el aumento de la concentración de la solución osmótica”. (Rahman, M.1996, p.144).

Así mismo se observa también que la ganancia de sólidos solubles dependerá de la temperatura acondicionada, siendo a 70°C más eficiente en la ganancia de sólidos solubles que a 60°C y aun en menos proporción a 50°C. Esto nos indica que temperaturas elevadas favorecen la ganancia de sólidos solubles.

El incremento de la concentración de jarabe de sacarosa disminuye el tiempo requerido de la deshidratación osmótica; sin embargo, “concentraciones mayores a 75°Brix son inapropiadas en el proceso de DO, ya que puede ocasionar una obstrucción de entrada de sólidos solubles y salida de agua, originado por la capa azucarada superficial expuesta en la fruta”. (Yupanqui, 2010, p. 45).

Las propiedades de la fruta sufrieron cambios durante la osmodeshidratación. Se observó un aumento en los sólidos solubles; comparado con los grados Brix de la pulpa fresca (10.58°Brix), esto se debe a la migración de sacarosa al interior de la fruta. Durante la D.O la ganancia de sólidos solubles (GSS) incrementa a causa de la transferencia de jarabe de sacarosa a la piña.

García et al. (2013) en el estudio cinético de secado de piña, determinó que, “al incrementar la concentración de la solución osmótica, también incrementará la GSS en el fruto”. (p.2).

Por otro lado, Maestrelli, 1997; menciona que: “Niveles elevados de concentración de jarabe obstruyen la pérdida de peso (PP), ya que se forma una cubierta superficial de

azúcar, la cual obstaculiza la salida de agua. Al producirse un ingreso excesivo de sólidos solubles, ocasiona la deformación o encogimiento del producto, generando que minimice la pérdida de agua, a causa de la obstrucción en los poros de la membrana vegetal. (p. 5).

Rodríguez, 1997, señala que “la glucosa son azúcares con moléculas pequeñas, que penetran fácilmente a través de la membrana celular a diferencia que las moléculas de los disacáridos (sacarosa); debido a que poseen menor peso molecular que la sacarosa y mayor presión osmótica” (p.99), permiten mayor penetración a través de la fruta.

“La sacarosa por tener mayor peso molecular, se mantiene en el espacio extracelular; en tanto que la glucosa puede penetrar en la célula, generando la disminución de la presión osmótica y por tanto una menor la pérdida de agua”. (Sacchetti et al, 2001, p.34). Según la FAO, 1998; “señala que una solución osmótica con mayor peso molecular obtendrá mejores efectos osmóticos a diferencia de una solución con bajo peso molecular”.

Hernández & Cornejo (2016), compararon la DO de piña usando jarabe de glucosa y sacarosa, concluyeron que el jarabe de glucosa muestra una mayor resistencia a la difusión de sólidos, por lo que el tiempo de DO para la piña, usando jarabe de glucosa fue de 6 horas y para la sacarosa 5 horas.

En el trabajo experimental se utilizó jarabe de sacarosa como agente osmótico. Un estudio realizado por Madrid, 1993 en secado de manzana, indicó que la DO en parámetros de color y sabor y textura recibieron mejor calificación sensorial que manzanas deshidratadas con aire. Lo antes mencionado coincide con nuestra evaluación sensorial donde se logró mejorar las características organolépticas de la piña Samba en comparación con piñas deshidratadas solo por convección.

Quiñonez, 2019 en una evaluación sensorial de manzana delicia DO, concluye que “mayor preferencia se obtuvo en rodajas de manzana de 0.5cm. Considerando a 0.75 y 1cm como muy blandas al paladar. El espesor de la rodaja influye en la aceptación del producto” (p.108). Rodríguez, 1997, menciona que “uno de los factores para reducir el contenido de humedad son: reducir el espesor de la rodaja, lo que facilitaría la penetración de azúcares al incrementar la superficie de contacto fruta- jarabe”. (p.67).

#### **5.4 Cinética de la deshidratación osmoconvectiva de la piña Samba en rodajas**

##### **5.4.1 Curvas de secado y velocidad de secado**

Se puede distinguir en la figura 11, que teniendo una muestra con contenido de humedad más baja la curva tiende a tener un desplazamiento hacia abajo más rápido. El porcentaje inicial de humedad de la piña fue de  $88.57 \pm 1.22\%$ . Por otro lado, las muestras deshidratadas por osmoconvección contienen menor cantidad de agua libre; teniendo como porcentaje de humedad a 50°C y 60°C de 78.38% 74.36% respectivamente; debido a que el tratamiento previo favorece la eliminación parcial del agua en el alimento, acortando el periodo de secado. Un estudio realizado por (Madrid, 1993), en la deshidratación de manzana indica que mientras más seca este la muestra, su temperatura aumentará, produciendo más fácilmente la evaporación interna.

Respecto a la piña sin DO previa, la curva de secado sigue una curva típica y uniforme, respetando todas las etapas de secado; es decir, presentan una rápida disminución de la humedad a comienzos del secado, y conforme transcurre el tiempo se hace menos notoria, hasta que finalmente las variaciones de humedad del producto se producen en largos intervalos de tiempo.

En las pruebas sensoriales realizadas se verificó que la mejor temperatura de trabajo es a 60°C. Al respecto García et al, 2013; en la deshidratación de Piña Cayena Lisa, determinó que la mejor temperatura para

tratamiento de deshidratación con métodos combinados es de 60°C. Así también; Jorge et al (2017) en la deshidratación osmoconvectiva de la piña hawaiana menciona que el secado por convección a 60°C favorece de modo relevante en la deshidratación del fruto.

En la figura 12 y 13, el contenido inicial de humedad libre corresponde al punto A con un valor de  $3.79 \frac{Kg \text{ agua}}{Kg \text{ s.s}}$  y  $2.69 \frac{Kg \text{ agua}}{Kg \text{ s.s}}$  para 50°C y 60°C respectivamente; que según Ángeles (2012); concierne al periodo de estímulo para el ajuste de la temperatura a tratar. En este punto la piña está a una temperatura inferior del medio a secar y la velocidad va aumentando. Al alcanzar al punto B la temperatura de la superficie consigue un valor de equilibrio en  $3.24 \frac{Kg \text{ agua}}{Kg \text{ s.s}}$  y  $1.86 \frac{Kg \text{ agua}}{Kg \text{ s.s}}$  para 50°C y 60°C respectivamente.

Entre los puntos BC la curva tiene tendencia lineal, por ello, la pendiente y la velocidad son constantes en este periodo. En ambas graficas (13 y 14) en el punto C, se establece la humedad libre crítica con valores de  $1.88 \frac{Kg \text{ agua}}{Kg \text{ s.s}}$  y  $1.25 \frac{Kg \text{ agua}}{Kg \text{ s.s}}$  para 50 y 60°C; a partir de este punto, la velocidad de secado tiende a descender, pasando al periodo de velocidad decreciente hasta llegar al punto D, siendo el punto CD el primer periodo de velocidad decreciente, al llegar al punto D la velocidad de secado se reduce rápidamente, hasta finalmente llegar al punto E, donde el contenido de humedad de equilibrio podría alcanzar valores iguales a cero ( $X=X^*=0$ ).

Estos datos y puntos de referencia son corroborados según graficas por Geankopolis (1998), el cual menciona que la distinción de estos periodos lo hace la humedad crítica, que es el punto que separa el periodo de secado constante y decreciente.

En cuanto al contenido de humedad crítica, en las gráficas (12 y 13) se obtuvieron diferentes valores para las dos temperaturas con  $1.88 \frac{Kg \text{ agua}}{Kg \text{ s.s}}$  y  $1.25 \frac{Kg \text{ agua}}{Kg \text{ s.s}}$  para 50°C y 60°C respectivamente, lo cual indica que el cambio del periodo de velocidad constante al periodo de velocidad decreciente

es afectada por la temperatura dado que a 60°C la humedad crítica libre de humedad es menor que a 50°C; por lo tanto, la muestra se encuentra más seca. De los resultados obtenidos se concluye que la cinética de secado es dependiente de la temperatura del aire de secado; de la misma forma también Ángeles, 2012, señala que la humedad de equilibrio disminuye al aumentar la temperatura de aire de secado, ya que a mayor temperatura se reduce la humedad relativa.

En la tabla 12, se puede observar que las muestras sin pre tratamiento tienden a tener una mayor velocidad de secado en comparación con las muestras previamente osmodeshidratadas. El cual se debe a que la DO modifica la estructura de la fruta. En caso de la D.O presenta una velocidad de secado de 0.92 y 1.13  $\frac{Kg}{h.m^2}$  para 50°C y 60°C respectivamente, aquí ocurre una “eliminación parcial del agua, lo cual produce una contracción de la fruta y junto con ello la disminución del tamaño de los poros”. (Buestán, España & Cornejo.2010).

Otro punto de influencia que señala García et al. (2015), es la formación de una cubierta superficial de azúcar en la fruta, generando una resistencia al transporte de masa y por tanto disminuyendo la velocidad de secado. Así también lo menciona García, Alvis & García (2015), señalando además que la cinética de secado es dependiente de la técnica de secado que se utiliza y del pre tratamiento que se proceda a realizar a la fruta.

En el caso del secado sin tratamiento, presenta una velocidad de secado de 1.28 y 1.83  $\frac{Kg}{h.m^2}$  para 50°C y 60°C respectivamente, no se genera ninguna modificación a su estructura, por ello la transferencia de agua es más relevante durante el secado, originando una mayor velocidad de secado. Así también observamos que, a temperaturas más altas, mayor es la velocidad de secado, Carvajal (2016), indica que la temperatura influye directamente en la velocidad de secado, favoreciendo la transferencia de masa y pérdida de agua



en las muestras. García, Alvis & García. (2015), señalan que las velocidades de secado inicial son mayores cuando solo usa el método convectivo.

En el periodo de velocidad decreciente se empleó el modelo difusional de la segunda ley de Fick, debido a que las rodajas de piña fueron colocadas uniformemente en bandejas, considerando una geometría de placa plana (Geankopolis, 1998).

En el periodo de velocidad decreciente, el secado se va controlando por la difusión. En la figura 15 se muestra una línea recta de tendencia entre  $X/XC$  versus tiempo (horas), Cornejo, 2006, en su determinación de coeficiente de difusividad en la papaya carica; indicó que el fenómeno de transferencia de humedad se da por difusividad debido a que obtuvo una línea recta. Ya conociendo que la migración de agua se realiza por difusión, se pasó a determinar el coeficiente de difusividad.

En el anexo 5.4; se muestra el coeficiente de difusividad líquida ( $D_L$ ) en el secado de la piña osmodeshidratada obtenido mediante la segunda ley de Fick, con un valor de  $2.19 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ . Un estudio realizado por (Madrid, 1993) en el secado por osmoconvección (D.O a 40 Brix y secado convencional de  $60^\circ\text{C}$ ) de manzana nos da como resultado un coeficiente de difusión de  $1.198 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{sg}$ . Así también en hojuelas de mango el coeficiente de difusividad es de  $1.71 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{sg}$ . (Janjai et al, 2008).

Respecto al tiempo de cada periodo de secado; el periodo de velocidad constante de secado tiene una duración menor que el periodo de velocidad decreciente, con un tiempo de 1.29hrs, según Siles et al. (2015), mencionado por García et al. (2015); podría deberse al pre tratamiento realizado en el cual el alimento tiene una pérdida de humedad significativa, empezando con una humedad libre baja.

Para el periodo decreciente el tiempo de secado es de 2.21 hrs, siendo este el periodo más largo del secado. Se concluye que el tiempo más óptimo de secado para la piña osmodeshidratada ( $40^\circ\text{Brix}$  a  $60^\circ\text{C}$ ) será de

3.5 hrs en total, tiempo necesario para poder llegar a un porcentaje de humedad <22%, correspondientes para alimentos con humedad intermedia (AHI).

Estudios realizados por Hernández & Cornejo, 2010, en la piña Perolera; García et al, 2013 en la piña Cayena Lisa; Cornejo, 2016 en la papaya carica, consideran 4 hrs como el tiempo eficiente para la deshidratación osmoconvectiva.

## **5.5 Análisis sensorial**

### **5.5.1 Análisis sensorial en la deshidratación osmótica**

En la figura 15 se exponen los resultados obtenidos en la evaluación sensorial de las rodajas de piña sometida a una deshidratación osmótica (DO); tomando en consideración los resultados de los 9 tratamientos, estas fueron evaluadas mediante el test de puntaje (1-5) (Anexo 2.1) en cuanto a apariencia y sabor. En esta primera etapa de pre deshidratación no se consideró los atributos de color y textura; debido a que posteriormente la muestra con mayor aceptabilidad paso por secado convectivo.

Al realizar el analizar de varianza ANOVA con respecto a sabor y apariencia, para un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) se encontró que existen diferencias significativas entre los tratamientos. Al aplicar la prueba de Tukey al atributo apariencia, el mayor puntaje obtenido fue el T4 (40°Brix/60°C) con un calificativo promedio de 3.60 (Ni me gusta, ni me disgusta), con una aprobación regular por parte de los panelistas. Así mismo realizando la prueba estadística de Tukey al 5% para el atributo de sabor, el tratamiento con mayor aprobación, fue el T4 (40°Brix/60°C) con un calificativo promedio de 4.53 (Me gusta), obteniendo una aceptación buena por parte de los panelistas.

Una evaluación sensorial de agentes osmóticos durante D.O de mango (Yupanqui, 2010), concluye que; con el jarabe de sacarosa a una concentración de 40°Brix, se obtiene mejores resultados

sensoriales en atributos de apariencia, sabor, color y textura; así también Quiñones; 2019, indicó que para la DO de la manzana delicia mayor preferencia sensorial obtuvo los productos elaborados con 40°Brix durante 4 horas a 45°C. Por otro lado, Mendoza et al. (2017), en el secado de piña hawaiana por osmoconvección, señala que las condiciones más eficientes para la D.O es jarabe de sacarosa a 60°Brix y a 45°C.

Vásquez (2006), “demuestra que la DO, permite la retención de los pigmentos, por la cubierta de azúcar, observando que la muestra presenta más brillo y mejor coloración amarillenta”. (p.7).

En el siguiente trabajo experimental se concluye que el tratamiento con mayor aceptabilidad en cuanto a apariencia y sabor fue el T4, que es el producto deshidratado osmóticamente con jarabe de sacarosa a una concentración de 40°Brix en baño maría a 60°C por 4 horas que presento un color amarillo brillante y una aceptación favorable en cuanto a sabor.

#### **5.5.2 Análisis sensorial en la deshidratación por osmoconvección**

El análisis de varianza que se realizó en cuanto a apariencia, sabor, color y textura (anexos 7.1), muestran que el valor F fue significativo, estableciendo diferencias significativas de las características entre los productos, por lo que se continuo con la prueba de Tukey, para saber cuáles son los productos que difieren. Como se puede observar en la tabla 14, el tratamiento con mayor puntuación fue T60. García et al, 2013 menciona que la temperatura más apropiada para la deshidratación de piña Cayena Lisa por osmoconvección es de 60°C por 5 hrs.

Según Gómez, (2013), la apariencia es uno de los atributos más importantes que el consumidor toma en consideración, como criterio para aceptar o rechazar el alimento. La muestra T60 obtuvo un puntaje de 4.30 (me gusta), obteniendo una aceptación buena por parte de los panelistas.

Con respecto al sabor, el tratamiento T60 presentó alta diferencia significativa en comparación con los otros tratamientos, con un puntaje mayor de 4.37 (me gusta), logrando la aprobación satisfactoria de los panelistas. Vásquez, (2006), menciona que el pre tratamiento osmótico generó una mayor aceptabilidad en cuanto a sabor, producido por caramelización superficial del jarabe en hojuelas de mango.

Gómez (2013), mencionó que la apariencia y el color son la primera impresión sensorial, los cuales ayudan a los panelistas al momento de su aceptabilidad. Con respecto al color, la muestra T60 obtuvo un puntaje promedio de 4.0 (me gusta); es decir, logró también una aprobación por parte de los panelistas. Encalada (2015); mostró que el uso de soluciones osmóticas previo al secado por convección, evita el pardeamiento enzimático originado por la polifenoloxidasas que provoca el oscurecimiento rápido en la parte externa de las muestras.

Finalmente, en cuanto a textura el tratamiento T4 obtuvo un puntaje promedio de 3.3 (ni me gusta, ni me disgusta). En este caso los panelistas si bien no dieron una calificación satisfactoria; pero tampoco desfavorable. Con respecto a la textura Zuluaga et al (2010), en un estudio sobre la deshidratación combinada de mango, determinó que el secado a 70°C sin pre-tratamiento obtuvo un alimento de mayor fuerza de fractura y diferencia de las muestras con pre tratamientos osmótico, los cuales presentaron una menor resistencia a fracturas.

Con respecto a la muestra TP, es la que obtuvo en toda su evaluación sensorial valores por debajo de la aceptación de los panelistas; respecto a apariencia y textura se obtuvo valores de 2.33 y 2.10 respectivamente (Me disgusta), y en cuanto a sabor y color se obtuvo valores de 1.47 y 1.9 respectivamente (Me disgusta mucho). Se deduce que la deshidratación de la piña Samba de Chamchamayo solo por convección, no logra la aceptación general de los panelistas en cuantos a sus atributos de apariencia, sabor, color y textura.

Se concluye que tratamiento con mayor aceptabilidad respecto a apariencia, sabor, textura y color fue el tratamiento T60, que es el producto osmodeshidratado (40°Brix a 60°C /4 horas) secado por convección de aire caliente a 60°C. Al respecto Alvis, et al. (2016), concluye que “la DO, seguida de un secado por convección, son los procesos más óptimos si se desean obtener frutas deshidratadas que mantengan o mejoren los atributos de color, textura, firmeza y aceptación sensorial.

## **5.6 Caracterización del producto**

En la tabla 15 se presentan los resultados de los análisis fisicoquímicos de la mejor muestra seleccionada de piña Samba de Chanchamayo – Junín deshidratada por osmoconvección.

El producto final obtuvo una humedad de 18.54% que lo indica como un alimento de humedad intermedia. En cuanto Barbosa y Vega (2000), indican que la humedad en alimentos de humedad intermedia oscila entre 15 y 40%. Se concluye que se obtuvo un producto con buena estabilidad en almacenaje.

El valor calórico resultó notoriamente incrementado con respecto a los grados Brix, pasando de 11.13 a 80.03 cal; esto debido a la elevada impregnación de azúcares en el alimento. Rodríguez, (1977), señala que la piña es una fruta pobre en pectina por lo que prácticamente no posee almidón, por ello, la pulpa se comporta como una esponja recetora de azúcares. Se obtuvo una ganancia de sólidos solubles (GSS) de 23.8 %. Chirife et al (1996) menciona que durante el proceso de osmosis se origina una difusión del jarabe de sacarosa hacia el fruto y al mismo tiempo una difusión del agua contenido del fruto hacia el jarabe.

Los contenidos de fibra y ceniza fueron 0.69 y 0.22% respectivamente. Según Cornejo (2006), se incrementaron como resultado de la deshidratación combinada, debido a que, al disminuir el contenido de agua, los demás componentes se incrementan proporcionalmente. Con respecto al

contenido de proteínas y grasa fueron 0.32 y 0.2%, lo cual no es significativo debido a que las frutas son naturalmente pobres en ambos elementos. Rodríguez (1997).

La acidez y el Ph fueron 0.92 y 3.58 respectivamente; lo que indica que el producto obtenido se califica como un alimento de acidez media, según la clasificación reportada por Arthey y Denis (1992).

Se verifican pérdidas considerables para la vitamina C en la deshidratación osmótica y secado (28.36 mg); sin embargo, mayor pérdida se observó en la deshidratación sólo por secado convectivo (18.92 mg). “A mayores concentraciones de jarabe se forma una cubierta de azúcar en la fruta, impidiendo la pérdida de nutrientes; pero otro lado, mayores concentraciones de jarabe pueden obstaculizar también la pérdida de agua”. (Saurel; R, .1994).

Al respecto Badui (1996) mencionó que la vitamina C es más estable a pH ácidos y en actividades acuosas bajas. Los pretratamientos de deshidratación osmótica y secado convectivo producen pérdidas relevantes de vitamina C (Nowacka et al. 2018).

En una investigación, García et al.(2018), verificó que después de la deshidratación osmoconvectiva realizada a la piña, el contenido de vitamina C bajo de 18mg (piña fresca) a 10,39 mg, concluyendo que la deshidratación osmótica seguida de secado convectivo, produce una pérdida de vitamina C en el rango de 53% a 57.7%, mientras que en deshidratación convectiva la pérdida de vitamina C está en el rango de 87% a 90%.

Así también, se menciona que tanto en la DO y secado convectivo, la retención de vitamina C en la piña es afectada por la temperatura y el tiempo de procesamiento. Las pérdidas de vitamina C se ocasionan por ser hidrosoluble, generando su pérdida por lixiviación (Germer et al., 2017).

Según Guablocho (2016), mencionado por García et al. (2018); demostró que el “secado convectivo sometido a bajas temperaturas (<50°C), ocasiona la degradación enzimática del ácido ascórbico; ocasionado por

extenderse el tiempo de exposición de la fruta al calor. En temperaturas altas la degradación se considera por oxidación". (p.6).

Finamente con respecto al tiempo de vida útil; Hernández & Cornejo, 2016, en un trabajo de deshidratación de piña, determinaron que el tiempo para la piña Perolera deshidratada por osmoconvección utilizando jarabe de sacarosa es de 316 días (10.5 meses); además demostró que la deshidratación del producto en su forma natural obtuvo mayor tiempo de vida útil (1038 días); demostrando que si bien la deshidratación por osmoconvección mejora las características organolépticas; por otro lado reduce el tiempo de vida útil del alimento seco, debido al incremento de la movilidad del agua.

Del mismo modo, Espinosa et al. (2010) en la deshidratación de piña mencionaron que la vida útil varía entre 8 a 10 meses.

## CONCLUSIONES

- 1 Los resultados del análisis proximal y fisicoquímico de la piña Samba comparados con lo reportado en la revisión bibliográfica presentan resultados muy similares con excepción del contenido de Vitamina C, en donde la piña Samba logró obtener hasta el doble de este bioactivo (41mg/100g) en comparación con las demás variedades (19.9mg/100gr).
- 2 La deshidratación por osmo-convección establece un procedimiento eficaz para deshidratar la piña variedad Samba. En cuanto a las investigaciones experimentales realizadas, se observó que la DO es un proceso de transferencia de masa, en donde los parámetros cinéticos a controlar son la pérdida de peso (PP) y la ganancia de sólidos solubles (GSS) según variaciones de la temperaturas y concentraciones del agente osmótico (en este caso jarabe de sacarosa); del control de los citados parámetros depende el mejoramiento de las características sensoriales, así como la deshidratación parcial de la piña. La concentración de jarabe de sacarosa a 40°Brix y una temperatura de 60°C, fueron las condiciones más eficientes en la D.O, según evaluaciones sensoriales en la deshidratación osmótica de la piña Samba en rodajas, con un tiempo óptimo de 4 horas de tratamiento



- 3 La DO de la piña variedad Samba se vio reforzada con el secado convectivo, que tuvo como objetivo bajar la actividad de agua ( $A_w$ ) del alimento y estabilizarlo para lograr una larga vida útil. Durante el secado por aire caliente, la transferencia de masa desde la piña hacia el exterior transcurrió a velocidad constante y decreciente, estas son etapas diferenciadas que están marcadas por el contenido de agua del alimento pre tratado. En la deshidratación convectiva, el parámetro cinético a controlar está influenciado por la temperatura del aire de secado, en donde las temperaturas menores conllevan a tiempos prolongados de secado. En este sentido, se debe tener en cuenta también el coeficiente de difusividad líquida ( $D_L$ ), la humedad crítica ( $X_c$ ) y el peso de sólidos seco ( $L_s$ ). En cuanto al secado convencional utilizando un deshidratador por bandeja, la temperatura más adecuada fue de  $60^\circ\text{C}$  por un tiempo de 3.5hrs, estos parámetros contribuyeron a deshidratar adecuadamente las rodajas de piña Samba.
- 4 Respecto a la caracterización fisicoquímica del producto final, se reportó: humedad 18.54%, cenizas 0.22%, proteínas 0.32%, grasa 0.2%, fibra 0.69%, ph 4.3, acidez 0.33%, sólidos solubles  $23.8^\circ\text{Brix}$ , carbohidratos 80.03 y vitamina C de 28.36mg/100gr. Se verificaron disminuciones considerables en cuanto a la humedad, llegando a considerarla como alimento con humedad intermedia (AHI). Por otro lado, se verificaron aumentos considerables en cuanto a carbohidratos, debido al incremento de azúcares en el alimento; y en cuanto a la vitamina C, se obtuvieron mayores retenciones en comparación con un secado convectivo sin DO, lo que posiblemente se deba a que una pequeña cantidad de sólidos se impregnó en la superficie de la piña y esta protegió a la vitamina C.
- 5 El producto deshidratado osmóticamente y preferido por los panelistas fue el tratamiento T4 ( $40^\circ\text{Brix}/60^\circ\text{C}/4$  horas.). El T4 obtuvo, en cuanto a apariencia general, la siguiente respuesta del público: “no me gusta ni disgusta”; y en cuanto a sabor: “me gusta” (la mayor aceptabilidad). Respecto al análisis sensorial en la deshidratación convectiva (posterior a la DO), el tratamiento con mayor aceptabilidad por los panelistas fue el T60 (secado a  $60^\circ\text{C}$  por

3.5hrs). El T60 obtuvo las siguientes valoraciones del público, respecto a sus atributos de apariencia en general, la respuesta fue: “me gusta”; respecto a su sabor y color: “me gusta”; respecto a su textura: “no me gusta ni me disgusta”.

- 6 Se concluyó que la piña Samba de Chanchamayo deshidratada por osmosis y secado por aire caliente, la cual fue obtenida por la optimización de parámetros mejorados, sí puede llegar al mercado en la presentación comercial de fruta deshidratada, debido a que se logró obtener un producto similar a la marca Visana Snack (marca de exportación) y mejor que el producto deshidratado de la piña Samba sin pretratamiento.

## **RECOMENDACIONES**

1. Determinar el estudio de vida útil sensorial, realizando análisis microbiológicos en el producto finalizado y también utilizando el método acelerado de predicción de durabilidad del modelo de ARRHENIUS, basado en la degradación de vitamina C.
2. Realizar investigaciones respecto a cómo el proceso osmótico afecta la concentración de vitaminas hidrosolubles.
3. Realizar un estudio de mercado basado en la segmentación de público objetivo y comercialización.
4. Realizar un análisis de precio en el mercado para el producto deshidratado.
5. Utilizar otros métodos para optimizar el proceso de osmodeshidratación, como por ejemplo, la metodología de superficie de respuesta.

## FUENTES DE INFORMACIÓN

- Agencia Agraria de Noticias. (30 de octubre del 2017). Exportaciones de fruta deshidratada. *Agraria.pe*. Recuperado de: <https://agraria.pe/noticias/consumo-de-fruta-deshidratada-alcanzaria-las-4-millones-de-t-15167>
- Alakali, J., Ariaahu, J. y Nkpa, N. (2006). Cinética de la deshidratación osmótica del mango. *Procesamiento y Conservación de Alimentos*.30 (5), pp. 597-607.
- Arias, L., et al. "Cinética de la Transferencia de Masa en la Deshidratación Osmótica de Mango (*Mangifera indica* L.) var. Tommy Atkins en Función de la Temperatura." *Informacion Tecnológica*, vol. 28, no. 3, 2017. Recuperado de: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-07642017000300006&script=sci\\_arttext](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-07642017000300006&script=sci_arttext)
- Alvarado, J., Aguilera, J. (2001). Propiedades de transferencia de masa. *Métodos para medir las propiedades físicas en la Industria de los Alimentos*. España: Acribia.

- Alves de Sousa, M., Arraes, M., ribeiro, L. (2005). Deshidratación osmótica del mango seguida de un secado convencional. *Revista de Ciencias Técnicas Agropecuarias*.29 (5): pp. 101-108.
- Araujo, C. M. (2001). Jugo de camu-camu (*Myrciaria dubia H.B.K Me Vaugh*) micro encapsulado obtenido a través de secado por atomizado. (Trabajo de doctorado). Universidad las Campiñas. Sao Paulo - Brasil. Recuperado de: [http://repositorio.unicamp.br/static/acesso\\_restrito.jsp](http://repositorio.unicamp.br/static/acesso_restrito.jsp).
- Badui, S. (1999). *Química de los alimentos*. (4ta ed). México C.V: Pearson Educación de México, S.A.
- Barat, M., et al. (2016). *Introducción el secado de alimentos por aire caliente*. 1ra ed. Universidad Politécnica de Valencia. España. Recuperado de: <file:///E:/piña%20info/secadores.pdf>
- Bilbao, C. (2002). *Estudio del secado combinado aire/microondas en manzana Granny Smith*. (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Valencia-España. Recuperado de: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/1932/tesisUPV2345.pdf>.
- Cáceres, B. N. (2002). *Simulación y optimización de un secado industrial de túnel para frutas (Tesis de doctorado)*. Facultad de Ingeniería de Alimentos Campiñas. Sao Paulo- Brasil. Recuperado de: <http://repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/255750>
- Chirife, J., Suarez, C. & Iglesias, H. (1986). Informe técnico: el cálculo del calor de sorción de agua en los alimentos sobre la base de la teoría BET. Recuperado de: <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/2644/Rodr%C3%A Dguez%20Pe%C3%B1a.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Choque, D. (2009). *Evaluación de las isotermas de adsorción del Maíz Morado (Zea mays L.)- variedad Canteño*. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Cusco-Perú.

- Colina, M. (2010). *Deshidratación de alimentos. Deshidratación por aire o banda*. México: Trillas.
- Cornejo, D. (2006). *Deshidratación de papaya del monte (Carica pubescens) por métodos combinados de osmosis y secado convencional*. (Tesis de grado). Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú.
- Cornejo, F. & Nuñez, D. (2000). *Modelación matemática de la cinética de deshidratación osmótica de la carica papaya*. (Tesis de grado). Recuperado de : [https://www.researchgate.net/profile/Fabiola\\_Cornejo/publication/28793727\\_Modelacion\\_Matematica\\_De\\_La\\_Cinetica\\_De\\_Deshidratacion\\_Osmotica\\_De\\_La\\_Carica\\_Papaya/links/5a99a8d445851586a2a9f5f7/Modelacion-Matematica-De-La-Cinetica-De-Deshidratacion-Osmotica-De-La-Carica-Papaya.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Fabiola_Cornejo/publication/28793727_Modelacion_Matematica_De_La_Cinetica_De_Deshidratacion_Osmotica_De_La_Carica_Papaya/links/5a99a8d445851586a2a9f5f7/Modelacion-Matematica-De-La-Cinetica-De-Deshidratacion-Osmotica-De-La-Carica-Papaya.pdf)
- Coronas, J. (2013). *Ampliación de procesos industriales de separación. Adsorción*. Cartagena- Colombia.
- Dávila, L. (1999). *Cinética de la deshidratación osmótica a vacío y atmosférica de la piña (ananas comosus L. Merr)*. (Tesis de magister). Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú.
- Della, P. (2010). *Secado de alimentos por métodos combinados*. (Tesis de grado). Buenos Aires- Argentina.
- Egas, M. y Ortega, D. (2011). *Influencia de los parámetros en la deshidratación de piña (ananas comosus) fortificada con vitamina C*. (Tesis de Grado). Universidad Técnica del Norte (UTN). Ibarra-Ecuador. Recuperado de: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/382/4/03%20AGI%2074%20ART%c3%8dCULO%20CIENT%c3%8dFICO.pdf>
- Espinoza, M. (2018). *Proceso tecnológico de la deshidratación convectiva de la piña*. Unidad de ciencias químicas de la salud UTMACH. Machala.

- Farfán, R. (13 de mayo del 2009). Destinan S/. 6 millones de nuevos soles para el control de mosca de la fruta en la selva central. *Andina*. Recuperado de: <https://andina.pe/agencia/noticia.aspx?id=232553>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (1998). Procesamiento a pequeña escala de frutas amazónicas nativas e introducidas. Editorial. American Printers, Monterrey, México.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (1993). Prevención de pérdidas de alimentos post cosecha: frutas, hortalizas, raíces y tubérculos. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/t0073s/t0073s00.htm>.
- Fito, P., Andrés, A., Albors, A. y Barat, J. (1998). Deshidratación de productos agrícolas. *Secado por aire caliente*. Servicio de Publicaciones, Universidad Politécnica de Valencia. Recuperado de: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/1932/tesisUPV2345.pdf>.
- Food Ingredients Brasil (FIB). (2014). Food ingredients Brasil. Recuperado en: <https://www.fi-events.com.br/es/ingredients-network-es.html>.
- García, A., Muñiz, S., Hernández, A., Gonzales, L. & Fernández, D. (2013). Análisis Comparativo de la cinética de deshidratación osmótica y por flujo de aire caliente de la piña (*ananas comosus*), variedad cayena lisa. *Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22 (1)1.Pp 62-69.
- Lira, J. (18 de agosto, 2016). Economía peruana crecerá 3.8% este año, según sondeo de Bloomberg. *Diario Gestión*. Recuperado de: <http://gestion.pe/economia/economia-peruana-crecera-38-esteano-segun-sondeo-bloomberg-2168132>
- Giankopolis, C. (1998). Procesos de transporte y operaciones unitarias. Principios de transferencia de masa. (3ra edición). México: Continental.

Recuperada de:  
<https://fenomenosdetransporte.files.wordpress.com/2008/05/geankopolis.pdf>

Giraldo, G., Duque, D. y García, C. (2005). Métodos combinados de secado para el escarchado de mango (*Mangifera indica*). Recuperado de: <https://goo.gl/8a2PNd>, acceso 9 de febrero de 2016, 12(2), 5-12 (2005) <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v28n3/art06.pdf>

Guevara, A. y Cacho, R. (1993). Fruta confitada. *Facultad de Industrias Alimentarias*. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú.

Heldman, D. & Lund D. (2007). *Manual de Ingeniería de Alimentos* (2da edic).EE.UU: CRC Press. Florida.

Hernández, A. y Cornejo, F. (2016). *Desarrollo de rodajas deshidratadas de piña*. Facultad de Ingeniería en Mecánica y ciencias de la producción. Guayaquil-Ecuador. Recuperado de: <file:///D:/pi%C3%B1a%20info/antecedentes/Desarrollo%20de%20Rodajas%20Deshidratadas%20de%20Pi%C3%B1a.pdf>

Huamán, A. (2006). *Cinética de secado durante la fritura de chips de ñame (dioscórea sp). Y estimación de vida útil por simulación*. (Tesis para optar grado de maestría). UNALM. Lima- Perú.

Huamán, M. (2001). *Predicción de la actividad de agua utilizando el modelo matemático de G.A.B. en el proceso de deshidratación osmótica del capulí (physalis peruviana)*. Tesis grado Magister). UNALM. Lima-Perú.

Instituto Nacional de Alimentos (INAL). (1993). *Guía de Interpretación de Resultados Microbiológicos de Alimentos*.

Iwamoto, C. (1995). *Estudio de la influencia de enzimas en la obtención de jarabe de malta de cebada (Hordeum vulgare)*. (Tesis de grado). UNALM. Lima – Perú.



- Konopacka, D. y Plochanski, W. (2001). Efecto del tiempo de almacenamiento de materia prima en la calidad de manzana. *Tecnología de secado*. Universidad de Chile. Recuperado de: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/132036/Desarrollo-de-manzana-trozada-minimamente-procesada-y-determinacion-de-vida-util%20.pdf? Sequence=1&isAllowed=y>.
- Kurozawa, L. (2005). *Efecto de condiciones de proceso en la cinética de secado de colágeno*. (Agaricus blazet). (Tesis de maestría). Universidad de las Campinas. Campinas, Sao Paulo - Brasil.
- Labuza, T. (1992). Creation of Moisture Sorption Isotherm for Higroscopic. Disponible en: <http://fscn.umn.edu/Ted-Labuza/tpl.html>.21p
- Lazarides. N. (2001). *Deshidratación osmótica e impregnación al vacío: aplicaciones en industrias alimentarias*. *Journal of Food Technology*. V.20.pp-125-128. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/816/81680102.pdf>
- Lerici C., Pinnavaia G., Rosa M. & Bartolucci L. (1985). Deshidratación osmótica de la fruta: influencia del agente osmótico en el comportamiento de secado y la calidad del producto. *Journal of Food Science*. V.50.Pp 1217-1219.
- Pérez, M., Márquez, C. & Velásquez, J. (2000). Deshidratación osmótica de frutos de papaya hawaina (*Carica papaya L.*) en cuatro agentes edulcorantes. Facultad Nacional de Agronomía Medellín. Colombia.V.52 (2). Recuperado de: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0304-28472005000200013](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-28472005000200013).
- Macheroni, C. (2011). Efecto de la reducción en la precisión de la predicción del modelo de difusión de agua para el secado de piña.
- Madrid, K. (1993). Secado de manzanas por métodos combinados de osmosis y secado convencional. Facultad en Industrias Alimentarias. UNALM. Lima-Perú.

- Maravi, J. (2018). Caracterización de fincas productoras de kion, piña y plátano en la microcuenca Cuyani-Pichanaki (Junín). Tesis de grado. UNALM. Lima – Perú.
- Mendoza, et al. (2017). Deshidratación de la piña (*ananas comosus*) por métodos combinados (osmosis convencional). Big Bang Faustiniiano; 6(4): Pag11-13. Recuperado de: file:///D:/Users/lector/Desktop/174-482-1-PB.pdf
- Ministerio de Agricultura (MINAG) y SIEA (Sistema Integrado de Estadísticas Agrarias). Anuario estadístico de Producción agrícola 2017. Piña: Producción, superficie cosechada, rendimiento, precio en chacra, según regiones.
- Montoya, C. y Castro, S (1999). Deshidratación osmótica de frutas y vegetales. Revista: Facultad agraria de Medellín. Vol.52, P.451-456.
- Morga, J. (2003). El cultivo de la piña (*ananas comosus*) (L) Merr. En el sur de México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista-México.
- Nogueira, R. (1990). Comportamiento higroscópico de jugo de naranja liofilizado. Tesis de doctorado. Ciencia dos Alimentos. Facultad de Ciencia Farmacéuticas, Universidad de Sao Paulo. Sao Paulo – Brasil.
- Nowakunda, K. & Fito, A. (2004). Osmotic dehydration of banana slices as a pretreatment for drying processes. En: the internacional Drying Symposium. Pag 2007-2083
- Oliveira, F. & Silva, L. (1992). Freezing influences diffusion of reducing sugars in carrol cortex. Journal Food Science. 57. pp932-948.
- Ortiz, D. (2005). Propuesta metodología para determinar el potencial de humedad de un material granular a partir de la humedad relativa. Universidad del Valle.7 (1). P.73-79. Cali-Colombia.
- Pascual, M. (2005). Efecto de la deshidratación osmótica en la vida poscosecha de guayaba (*Psidium guajava* L). Tesis para obtener el grado. Universidad Veracruzana. Xalapa-México.

- Pascual, P. (2005). Efecto de la deshidratación osmótica en la vida pos cosecha de guayaba (*psidium guajava L.*). Universidad veracruzana. Veracruz - México.
- Proyecto Especial Pichis-Palcazu. Manual de Piña. (P.E.P.P). (2010). Proyecto Mejoramiento de la producción de cultivo de la Piña Mediante Sistemas Agroforestales en el Distrito de Perene – Chanchamayo.
- Rahman, M.S., Sablani, S.S., Al-Ibrahim, M.A. (2001). Osmotic dehydration of potato equilibrium kinetics, *Drying Technology* 19 (6), 1163-1176.
- Rastogi, N.K. and Niranjana, K. (1998). Enhanced mass transfer during osmotic dehydration of high pressure treated pineapple. *Journal of Food Science*, 63: 508-511.
- Ríos, M., Márquez, C. & Velásquez, H. (2005). Deshidratación osmótica de frutos de papaya hawaiana (*carica papaya L.*) en cuatro agentes edulcorantes. En *Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín*. Vol 58. N° 1. Pag: 2989-3002.
- Sacchetti, G., Gianotti, A. & Dalla, M. (2001). Sucrose-salt combined effects on mass transfer Kinetics and product acceptability. Study on apple osmotic treatments. *Journal of Food Engineering* 49.pp 163-173.
- Sánchez, J. (2012). Manual para la producción de una piña de calidad. Ministerio de Agricultura (MINAGRI). Lima –Perú.
- Spiazzi, E., Mascheroni, R. (1997). Mass transfer model for osmotic dehydration of fruits and vegetables. Development of the simulation model. *Journal of Food Engineering*, 34, 387-410.
- Steel, R., Torre, J. (1997). *Bio estadística: Principios y procedimientos*. (2da ed.). USA: McGraw-Hill.U.S.A.
- Torres, J. y Vega, L. (2012). Evaluación técnico económica de una planta de deshidratado de manzana. Tesis de grado. Universidad Católica de Valparaíso. Chile. Recuperado de:

file:///D:/CURVAS%20DE%20SECADO/humedad%20critica%20pag%20114.pdf.

- Vásquez, H. (2007). Determinación de parámetros tecnológicos para la osmodeshidratación de la cocona (*solanum sessiliflorum H.B.K*). Universidad Agraria de la Selva. Tingo María- Perú.
- Vega, A. y Fito, P. (2005). Modelado de la cinética de secado del pimiento rojo (*Capsicum annum L.*). Revista Información Tecnológica, 16(6).
- Viades, J. (2013). Fenómenos de superficie. Físicoquímica de alimentos. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México.
- Vicente, F. (2018). Producción y venta de snack de piña deshidratada en lima metropolitana. Carrera de ingeniería industrial y comercial. USIL. Lima-Perú.

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>Anexo 1.</b> Formato para la evaluación sensorial	92
<b>Anexo 2.</b> Análisis estadístico para los parámetros: ganancia de sólidos solubles (GSS) y pérdida de peso (PP) a 50°C	94
<b>Anexo 3.</b> Análisis estadístico para la pérdida de peso (PP) a 60°C y análisis estadístico para la ganancia de sólidos solubles (GSS) a 60°C	95
<b>Anexo 4.</b> Análisis estadístico para la pérdida de peso (PP) a 70°C Análisis estadístico para la ganancia de sólidos solubles (GSS) a 70°C	97
<b>Anexo 5.</b> Datos teóricos, experimentales y cálculos realizados para determinar las curvas y tiempo de secado	98
<b>Anexo 6.</b> Análisis de varianza y prueba de Tukey para el análisis estadístico sensorial en la deshidratación osmótica	102
<b>Anexo 7.</b> Análisis de varianza y prueba de Tukey para el análisis estadístico sensorial en la deshidratación convectiva	104
<b>Anexo 8.</b> Balance de materia en la obtención de piña deshidratada por osmo-convección	106
<b>Anexo 9.</b> Determinación de estudio taxonómico	107

## Anexo 1. Formato para la evaluación sensorial

### ANEXO 1.1 Formato para la evaluación sensorial en la deshidratación osmótica

NOMBRE:	FECHA:								
NOMBRE DEL PRODUCTO									
Frente a usted hay 9 muestras, las cuales debe probar una a la vez y marcar con una X según su juicio sobre cada muestra.									
ESCALA	MUESTRAS								
	TD1	TE2	TL3	TI4	TA5	TQ6	TU7	TS8	TC9
Me gusta mucho									
Me gusta									
No me gusta, ni me disgusta									
Me disgusta									
Me disgusta mucho									
COMENTARIOS:									
.....									
----- ¡MUCHAS GRACIAS! -----									

*Me disgusta mucho:1; Me disgusta:2; ni me gusta ni me disgusta:3; me gusta:4; me gusta mucho:5*

Tratamiento	Concentración	Temperatura	Código
T1	40° BRIX	50°C	TD1
T2	50° BRIX	50°C	TE2
T3	60° BRIX	50°C	TL3
T4	40° BRIX	60°C	TI4
T5	50° BRIX	60°C	TA5
T6	60° BRIX	60°C	TQ6

T7	40° BRIX	70°C	TU7
T8	50° BRIX	70°C	TS8
T9	60° BRIX	70°C	TC9

**ANEXO 1.2** Formato para la evaluación sensorial en la deshidratación convectiva

NOMBRE: \_\_\_\_\_ FECHA: \_\_\_\_\_

NOMBRE DEL PRODUCTO \_\_\_\_\_

Frente a usted hay 9 muestras, las cuales debe probar una a la vez y marcar con una X según su juicio sobre cada muestra.

ESCALA	MUESTRAS			
	TJ	TN	TM	TT
	5	6	P	M
Me gusta mucho				
Me gusta				
No me gusta, ni me disgusta				
Me disgusta				
Me disgusta mucho				

*Me disgusta mucho:1; Me disgusta:2; ni me gusta ni me disgusta:3; me gusta:4; me gusta mucho:5*

COMENTARIOS:  
 .....

*Me disgusta mucho: 1; Me disgusta:2; ni me gusta ni me disgusta:3; me gusta:4; me gusta mucho:5*

Muestras de Tratamiento	Descripción de tratamiento	CODIGO
Muestra "T50"	Piña D.O 40°Brix secada a 50°C	TJ5
Muestra "T60"	Piña D.O 40°Brix secada a 60°C	TN6
Muestra "MP"	Piña fresca secado a 60°C	TMP
Muestra "TM"	Piña deshidratada. "Visana snack"	TTM

**Anexo 2. Análisis estadístico para los parámetros: ganancia de sólidos solubles (GSS) y pérdida de peso (PP) a 50°C**

ANEXO 2.1 Análisis estadístico para la pérdida de peso (PP) a 50°C

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TIEMPO	6	221.24	36.874	8.97	0.000
Error	14	57.58	4.113		
Total	20	278.82			

Comparaciones en pareja de Tukey (confianza de 95%)

TIEMPO	N	Media	Agrupación		
7	3	17.21	A		
6	3	16.78	A		
5	3	16.53	A	B	
4	3	14.68	A	B	
3	3	14.004		B	
2	3	10.51		B	C
1	3	7.938			C

*Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*



ANEXO 2.2 Análisis estadístico para la ganancia de sólidos solubles (GSS) a 50°C

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
CONCENTRACION_1	2	65.50	32.750	3.82	0.041
Error	18	154.31	8.573		
Total	20	219.81			

Comparaciones en pareja de Tukey (confianza de 95%)

CONCENTRACION_1	N	Media	Aggrupation	
60°BRIX	7	22.29	A	
50°BRIX	7	21.70	A	B
40°BRIX	7	18.28		B

*Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*

**Anexo 3. Análisis estadístico para la pérdida de peso (PP) a 60°C y ganancia de sólidos solubles (GSS) a 60°C**

ANEXO 3.1 Análisis estadístico para la pérdida de peso (PP) a 60°C

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TIEMPO	6	186.3	31.056	4.02	0.015
Error	14	108.1	7.723		
Total	20	294.5			

Comparaciones en parejas de Tukey (confianza de 95%)

TIEMPO	N	Media	Aggrupation		
7	3	26.74	A		
6	3	25.92	A		
5	3	25.47	A		
4	3	25.13	A	B	
3	3	22.30		B	
2	3	20.27		C	B
1	3	18.28			C

*Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*

### ANEXO 3.2 Análisis estadístico para la ganancia de sólidos solubles (GSS) a 60°C

#### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
CONCENTRACION_1	2	61.15	30.575	3.27	0.062
Error	18	168.40	9.356		
Total	20	229.55			

Comparaciones en parejas de Tukey (confianza de 95%)

CONCENTRACION_1	N	Media	Agrupación	
60°BRIX	7	24.82	A	
50°BRIX	7	22.86	A	B
40°BRIX	7	20.64		B

*Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*

**Anexo 4. Análisis estadístico para la pérdida de peso (PP) a 70°C y ganancia de sólidos solubles (GSS) a 70°C**

**ANEXO 4.1** Análisis estadístico para la pérdida de peso (PP) a 70°C

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TIEMPO	6	705.12	117.519	104.28	0.000
Error	14	15.78	1.127		
Total	20	720.89			

Comparaciones en parejas de Tukey (confianza de 95%)

TIEMPO	N	Media	Aggrupation				
7	3	35.593	A				
6	3	32.260		B			
5	3	29.689		B	C		
4	3	26.930			C	D	
3	3	24.684				D	E
2	3	22.6567					E
1	3	16.90					F

*Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*

**4.2 Análisis estadístico para la ganancia de sólidos solubles (GSS) a 70°C**

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
CONCENTRACION_1	2	104.6	52.295	6.34	0.008
Error	18	148.4	8.245		
Total	20	253.0			

Comparaciones en parejas de Tukey (confianza de 95%)

CONCENTRACION_1	N	Media	Aggrupation	
60°BRIX	7	26.37	A	
50°BRIX	7	24.53	A	B
40°BRIX	7	20.990		B

*Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*

Anexo 5. Datos teóricos, experimentales y cálculos realizados para determinar las curvas y tiempo de secado

**ANEXO 5.1** Datos teóricos, experimentales y cálculos realizados para determinar las curvas y tiempo de secado

DATOS	Unidades	60°C
Humedad de Equilibrio ( $X^*$ )	$\text{Kg}_{\text{agua}}/\text{Kg}_{\text{s.s}}$	0.0686
Humedad Relativa	%	67.64
Peso de solido Seco ( $W_s$ )	$\text{Kg}_{\text{s.s}}$	0.0171
Entalpía	$\text{kJ/kg}$	373.17
Temperatura de rocío:	°C	55.79
Calor Latente ( $\lambda_w$ )	$\text{KJ/kg}$	2367.07
Humedad inicial libre ( $X_1$ )	$\text{Kg}_{\text{agua}}/\text{Kg}_{\text{s.s}}$	0.8036
Humedad Critica libre ( $X_2=X_C$ )	$\text{Kg}_{\text{agua}}/\text{Kg}_{\text{s.s}}$	1.55
Humedad final libre ( $X_3$ )	$\text{Kg}_{\text{agua}}/\text{Kg}_{\text{s.s}}$	0.1854
Coef. de transferencia de calor ( $h$ )	$\text{w/m}^2 \cdot ^\circ\text{K}$	0.0211
Temperatura de seco ( $T$ )	°C	60
Temperatura de bulbo húmedo ( $T_w$ )	°C	52.47
Temperatura de Rocio (°C)	°C	51.8
Velocidad Másica ( $G$ )	$\text{kg}_{\text{vap}}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$	1.5522
Densidad de aire ( $\rho$ )	$\text{Kg}_{\text{vap}}/\text{m}^3$	1.006
Velocidad de aire ( $v$ )	$\text{m/h}$	1.56
Espesor de la rodaja ( $d$ )	$\text{m}$	0.0005

Área de la rodaja (A)	m <sup>2</sup>	0.0330
Porcentaje de humedad	%	68.6
Kg. Sólido Seco (Ls)	Kg	0.0185

**ANEXO 5.2** Cálculos realizados para determinar la curva y curva de velocidad de secado experimental para 60°C.

Tiempo (h)	W Kg	X estimado $\frac{Kg_{agua}}{Kg_{s.s}}$	X promedio $\frac{Kg_{agua}}{Kg_{s.s}}$	Dt (h)	Dx $\frac{Kg_{agua}}{Kg_{s.s}}$	$\frac{Dt}{Dx}$	R $\frac{Kg_{agua}}{m^2 \cdot h}$
0.00000	0.08714	2.90016	2.96876				
0.08333	0.08096	2.62356	2.69216	0.08333	-0.36110	-4.33322	2.24887
0.16667	0.07574	2.38992	2.45852	0.08333	-0.30501	-3.66010	1.89953
0.25000	0.07080	2.16882	2.23742	0.08333	-0.28865	-3.46377	1.79764
0.33333	0.06536	1.92534	1.99394	0.08333	-0.31786	-3.81435	1.97959
0.41667	0.06128	1.79196	1.86056	0.08333	-0.17412	-2.08948	1.08441
0.50000	0.05696	1.62144	1.69004	0.08333	-0.22262	-2.67145	1.38644
0.58333	0.05258	1.49657	1.56517	0.08333	-0.16302	-1.95626	1.01527
0.66667	0.04851	1.35021	1.41881	0.08333	-0.19107	-2.29282	1.18994
0.75000	0.04453	1.23026	1.29886	0.08333	-0.15659	-1.87913	0.97524
0.83333	0.04112	0.84042	0.90902	0.08333	-0.19925	-2.39098	1.24088
0.91667	0.03772	0.68825	0.75685	0.08333	-0.19866	-2.38397	1.23724
1.00000	0.03504	0.56830	0.63690	0.08333	-0.15659	-1.87913	0.97524
1.25000	0.02918	0.30602	0.37462	0.25000	-0.34240	-1.36962	0.71081
1.50000	0.02516	0.12610	0.19470	0.25000	-0.23489	-0.93957	0.48762
2.00000	0.02472	0.10640	0.17500	0.58161	0.65021	0.71881	0.85601
2.25000	0.02242	0.00346	0.07206	0.25000	-0.13439	-0.53756	0.27899

2.50000	0.02044	-0.08516	0.15376	0.25000	-0.11569	-0.46277	0.24017
2.75000	0.01990	-0.10933	0.17793	0.25000	-0.03155	-0.12621	0.06550
3.25000	0.01948	-0.12813	0.19673	0.50000	-0.02454	-0.04908	0.02547
3.75000	0.01928	-0.13708	0.20568	0.50000	-0.01169	-0.02337	0.01213
4.25000	0.01904	-0.14782	0.21642	0.50000	-0.01402	-0.02805	0.01456
4.75000	0.01892	-0.15319	0.22179	0.50000	-0.00701	-0.01402	0.00728
5.25000	0.01884	-0.15677	0.22537	0.50000	-0.00467	-0.00935	0.00485
6.91667	0.01870	-0.16304	0.23164	1.66667	-0.00818	-0.00491	0.00255
8.58333	0.01854	-0.17020	0.23880	1.66667	-0.00935	-0.00561	0.00291

### ANEXO 5.3 Determinación de la migración de agua

A continuación, se realizaron los cálculos para la determinación de la Velocidad Constante de secado ( $R_c$  calculado), usando los datos teóricos y experimentales en el anexo 10.

#### a. Cálculo de $G$

$$G = p * v * 3600 = 1.006 \frac{Kg}{m^3} * 1.56 \frac{m}{h} * 3600 = 5649.70 \frac{Kg}{h.m^2}$$

#### b. Cálculo del coeficiente de transferencia de calor ( $h$ )

$$h = 0.0204 * G^{0.8} = 0.0204 * (5649.70)^{0.8} = 20.476 \frac{W}{m^2.^\circ K}$$

#### c. Cálculo del calor latente ( $\lambda_w$ )

De las tablas de vapor saturado y mediante una interpolación se obtiene

Calor latente	
Entalpia	evap
(kJ/kg)	
50	1065.24

52.47	x
60	1059.24

$\lambda w = 1062.32 \text{ KJ/Kg}$

**d. Cálculo de Velocidad de Secado Calculado ( $R_{c1}$ )**

$$R_c = \frac{h * (T - Tw)}{\lambda w * 1000} * 3600$$

$$R_{c1} = \frac{\left(0.0407 \frac{W}{m^2 * K}\right) * (60 - 52.47)^\circ C}{1062.32 \frac{KJ}{Kg} * 1000} * 3600 = \frac{Kg}{h.m^2}$$

$R_{c1} \text{ Calculado} = 0.06 \frac{Kg}{h.m^2}$

**ANEXO 5.4** Determinación del Coeficiente de difusión ( $D_L$ )

X	R	1/R	$\Delta X$	(1/R) prom	$\Delta X * (1/R)$ prom
1.47127	1.24088	0.80588			
1.27261	1.24088	0.80588	0.19866	0.80588	0.16010
1.11601	1.23724	0.80825	0.15659	0.80706	0.12638
0.77361	0.97524	1.02539	0.34240	0.91682	0.31392
0.53872	0.71081	1.40685	0.23489	1.21612	0.28566
0.51301	0.48762	2.05078	0.02571	1.72881	0.04445
0.37862	0.27899	3.58441	0.13439	2.81759	0.37866
0.26292	0.24017	4.16370	0.11569	3.87406	0.44820
0.23137	0.06550	15.26692	0.03155	9.71531	0.30654
0.20683	0.02547	39.25779	0.02454	27.26235	0.66904
0.19514	0.01213	82.44135	0.01169	60.84957	0.71110
0.18112	0.01456	68.70112	0.01402	75.57124	1.05976
0.17411	0.00728	137.40225	0.00701	103.05169	0.72257
0.16943	0.00485	206.10337	0.00467	171.75281	0.80285

0.16125	0.00255	392.57786	0.00818	299.34062	2.44869
0.15190	0.00291	343.50563	0.00935	368.04174	3.44079
PROMEDIO					0.79458
Coeficiente de difusividad ( $D_L$ ) en $m^2/s$					$2.19 \times 10^{-4}$

### Anexo 6. Análisis de varianza y prueba de Tukey para el análisis estadístico sensorial en la deshidratación osmótica

**ANEXO 6.1** Evaluación sensorial en la D.O, según atributos de apariencia general y sabor

- APARIENCIA

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	8	65.75	8.2185	11.32	0.000
Error	126	91.47	0.7259		
Total	134	157.21			

Comparaciones en parejas de Tukey (confianza de 95%)

Factor	N	Media	Agrupación			
T7	15	3.600	A			
T4	15	3.600	A			
T5	15	3.067	A	B		
T3	15	2.533		B	C	
T8	15	2.467		B	C	
T9	15	2.267		B	C	D
T6	15	2.200		B	C	D
T2	15	1.933			C	D
T1	15	1.400				D

*Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*



- SABOR

### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	8	144.00	18.0000	29.23	0.000
Error	126	77.60	0.6159		
Total	134	221.60			

Comparaciones en parejas de Tukey (confianza de 95%)

Factor	N	Media	Agrupación			
T4	15	4.533	A			
T5	15	3.933	A			
T7	15	2.733		B		
T1	15	2.400		B	C	
T2	15	2.000		B	C	D
T3	15	1.867		B	C	D
T6	15	1.800			C	D
T8	15	1.667			C	D
T9	15	1.267				D

*Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*

**Anexo 7. Análisis de varianza y prueba de Tukey para el análisis estadístico sensorial en la deshidratación convectiva**

**ANEXO 7.1** Evaluación sensorial en la deshidratación por convección (previa DO), según atributos de apariencia general, sabor, color y textura.

- APARIENCIA

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	3	65.47	21.8222	36.30	0.000
Error	116	69.73	0.6011		
Total	119	135.20			

Comparaciones en parejas de Tukey (confianza de 95%)

Factor	N	Media	Agrupación		
T60	30	3.400	A		
T50	30	3.400	A		
TP	30	2.333		B	
TM	30	1.667			C

*Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*

- SABOR

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	3	136.56	45.5194	100.07	0.000
Error	116	52.77	0.4549		
Total	119	189.32			

Comparaciones en parejas de Tukey (confianza de 95%)

Factor	N	Media	Agrupación		
T60	30	4.367	A		
T50	30	3.633		B	
TM	30	3.233		B	
TP	30	1.4667			C

*Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*

- COLOR

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	3	123.22	41.0750	80.26	0.000
Error	116	59.37	0.5118		
Total	119	182.59			

Comparaciones en parejas de Tukey (confianza de 95%)

Factor	N	Media	Agrupación		
T60	30	4.000	A		
T50	30	3.733	A		
TP	30	1.900			B
TM	30	1.800			B

*Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*

- TEXTURA

Análisis de Varianza

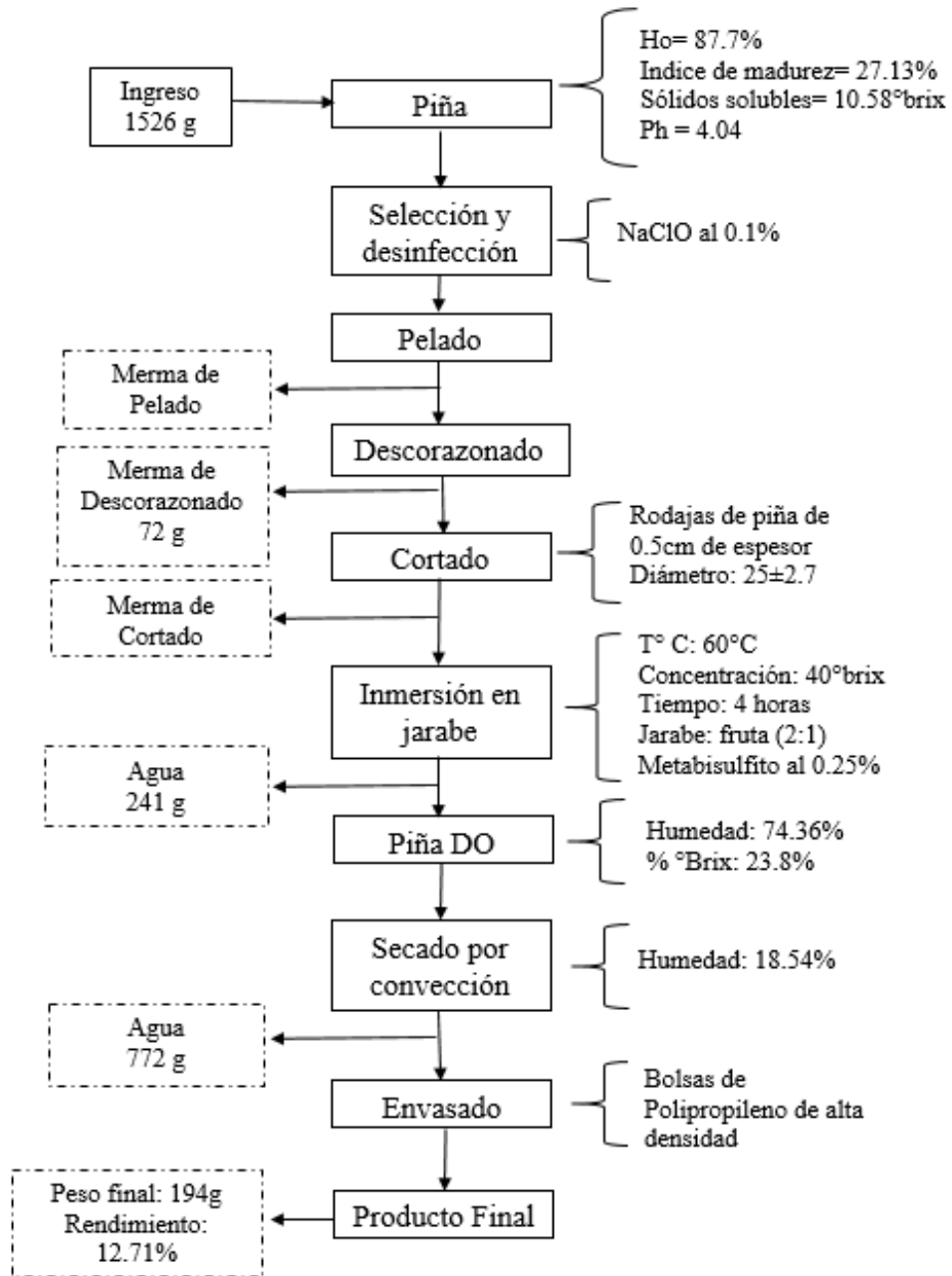
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	3	24.82	8.2750	17.61	0.000
Error	116	54.50	0.4698		
Total	119	79.32			

Comparaciones en parejas de Tukey (confianza de 95%)

Factor	N	Media	Agrupación		
T60	30	3.333	A		
TM	30	3.033	A	B	
T50	30	2.833		B	
TP	30	2.100			C

*Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*

**Anexo 8. Balance de materia en la obtención de piña deshidratada por osmo-convección**



## Anexo 9. Determinación de estudio taxonómico

### ESTUDIO TAXONOMICO

El servicio de determinación de especie de la piña Samba de Chanchamayo; se realizó según la ubicación geográfica; debido, a que se tiene muy poca información de esta especie, no se logró realizar este análisis; además actualmente no se cuenta con un repositorio sobre esta especie.

En investigaciones posteriores, me gustaría seguir realizando investigaciones sobre esta variedad de piña; por ello, el estudio de especie será analiza y establecida.

Se utilizó la misma ubicación geográfica establecida por Otiniano, 1997 en el estudio de investigación: "Nemátodos asociados al cultivo de piña (*ananas comosus*) Cv. Chanchamayo y su relación con los componentes de producción y calidad".

#### Ubicación Geográfica

Este trabajo se realizó en la provincia de Chanchamayo, departamento de Junín, distrito de Pichanaqui, región Andrés Avelino Cáceres. La zona tiene una temperatura máxima promedio de 30°C y una temperatura mínima de 18°C. La precipitación promedio anual es de 2000mm, distribuidos irregularmente a lo largo del año.



---

Manuel Ballena González  
Asesor de tesis