



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS**

**AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**“OBTENCIÓN DE LÁMINAS DESHIDRATADAS A PARTIR  
DE PULPA DE PITAHAYA *Hylocereus undatus*”.**

**Proyecto de Tesis presentado como requisito para optar por el  
título de Ingeniero Agroindustrial**

**AUTOR**

**MAURICIO RAFAEL ANDRADE CHÁVEZ**

**DIRECTOR DE TESIS**

**Ing. Luis Manosalvas.**

**Ibarra – Ecuador**

**2015**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS**  
**AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**  
**“OBTENCIÓN DE LÁMINAS DESHIDRATADAS A PARTIR**  
**DE PULPA DE PITAHAYA *Hylocereus undatus*”.**

Tesis revisada por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGROINDUSTRIAL.**

APROBADA:

Ing. Luis Manosalvas

DIRECTOR



FIRMA

Dra. Lucía Yopez

ASESORA



FIRMA

Ing. Marcelo Vacas

ASESOR



FIRMA

Ing. Ernesto Terán

ASESOR



FIRMA

**IBARRA - ECUADOR**

**2015**

::



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

#### A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO 1			
<b>Cédula de identidad:</b>	171657658 - 0		
<b>Apellidos y nombres:</b>	Andrade Chávez Mauricio Rafael		
<b>Dirección:</b>	Coop. Santa Martha sector 1 – Santo Domingo		
<b>Email:</b>	maurych22@hotmail.com		
<b>Teléfono fijo:</b>	023701910	<b>Teléfono móvil:</b>	0991448921
DATOS DE LA OBRA			
<b>Título:</b>	"Obtención de Láminas Deshidratadas a partir de Pulpa de Pitahaya <i>Hylocereus undatus</i> "		
<b>Autores:</b>	Andrade Chávez Mauricio Rafael		
<b>Fecha:</b>	2015 – 05 - 29		
Solo para trabajos de grado			
<b>Programa:</b>	Pregrado		
<b>Título por el que opta:</b>	Ingeniero Agroindustrial		
<b>Director:</b>	Ing. Luis Manosalvas		

## 2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, **Andrade Chávez Mauricio Rafael** con cédula de ciudadanía Nro. **171657658-0**, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

## 3. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 29 días del mes de mayo del 2015

**EL AUTOR:**



Mauricio Rafael Andrade Chávez

171657658-0



Esp. Betty Chávez

**JEFE DE BIBLIOTECA**

Facultado por resolución del Honorable Consejo Universitario: Oficio N° 073 – HCU – UTN.

#### 4. CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el Sr. Mauricio Rafael Andrade Chávez, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Luis Manosalvas', is written over a horizontal line. The signature is stylized and cursive.

Ing. Luis Manosalvas

DIRECTOR DE TESIS

## 5. DECLARACIÓN

Manifiesto que la presente obra es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros; por lo tanto es original, y que soy el titular de los derechos patrimoniales; por lo que asumo la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldré en defensa de la Universidad Técnica del Norte en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 29 días del mes de mayo de 2015



---

Mauricio Andrade Chávez



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, **Mauricio Rafael Andrade Chávez**, con cédula de ciudadanía Nro. **171657658-0**; manifiesto la voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado **“OBTENCIÓN DE LÁMINAS DESHIDRATADAS A PARTIR DE PULPA DE PITAHAYA *hyllocereum undatus*”**, que ha sido desarrollada para optar por el título de **INGENIERO AGROINDUSTRIAL** en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

---

Mauricio Rafael Andrade Chávez

171657658-0

Ibarra, a los 29 días del mes de mayo de 2015

## **DEDICATORIA**

*A Dios, por bendecirme en cada paso que he dado en mi vida personal estudiantil y profesional.*

*A mis padres, y hermanas por todo su sacrificio para permitir que yo cumpla con mis sueños, por el apoyo incondicional, el cariño y la paciencia que me han tenido desde siempre.*

*A mi amada esposa, quien es mi apoyo, mi compañera de vida y con quien siempre he contado en mis momentos más difíciles, te amo.*

*A mis sobrinos, de quienes espero siempre luchen por conseguir sus sueños y aprendan que en esta vida los obstáculos se hicieron para superarse.*

*Y principalmente dedico mi tesis a mis hijas Pamela y Yuliana Andrade Herrera, quienes son el motor de mi vida, la inspiración para ser cada vez mejor persona y ejemplo para ellas.*

***“La mayoría de cosas importantes del mundo han sido conseguidas por gente que siguieron intentándolo cuando no parecía haber esperanza”.-Dale Carnegie.***

**MAURICIO ANDRADE**

## **AGRADECIMIENTO**

*En primer lugar mi agradecimiento a Dios, por estar siempre a mi lado y darme la fortaleza para luchar por mis objetivos.*

*A la Universidad Técnica del Norte, a la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales y a su grupo de docentes, por los años dedicados a mi formación personal y académica, con profesionales capacitados y con alto sentido humano.*

*Un agradecimiento especial y sincero al Ingeniero Luis Manosalvas por su ayuda incondicional como mi director de tesis.*

*Mi sincero agradecimiento a la Dra. Lucía Yépez, al Ing. Marcelo Vacas, y al Ing. Ernesto Terán por toda la colaboración y el apoyo que me brindaron como asesores de mi proyecto.*

*Al Ing. Edwin del Pozo, Gerente de ACRES, por su valiosa ayuda, en el asesoramiento acerca de la Pitahaya y abastecimiento de la fruta para la investigación.*

*A mis padres, Leonor y Marcelo, y a mis hermanas Katy Paola y María, por el apoyo que me han brindado a lo largo de mi vida, por todo su sacrificio, por todas las enseñanzas y el ejemplo de perseverancia para cumplir los objetivos trazados. Los adoro gracias por estar siempre conmigo*

*A mi esposa Maritza Herrera, por estar siempre a mi lado apoyándome, amándome y cuidándome en todo momento, por tu amor tu lealtad y tu compañía, gracias mi amor.*

*A mi amigo Lenin Ramón, por impulsarme a no rendirme en este objetivo y colaborarme para poder cumplir este proyecto, gracias hermano.*

*A mis amigos y familiares que de alguna forma me ayudaron en el camino hacia la consecución de mi título.*

**MAURICIO ANDRADE.**

# ÍNDICE GENERAL

## CAPÍTULO I: Introducción

1.1 EL PROBLEMA.....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	2
1.3 OBJETIVOS.....	3
1.2.1 Objetivo General .....	3
1.2.2 Objetivos Específicos.....	3
1.4 HIPÓTESIS.....	4

## CAPÍTULO II: Marco Teórico

2.1 LA PITAHAYA.....	5
2.1.1 Origen y Distribución Geográfica.....	6
2.1.2 Clasificación Taxonómica.....	7
2.1.3 Valor nutricional.....	7
2.1.4 Usos del Producto y Derivados.....	8
2.1.5 Propiedades Nutraceuticas.....	9
2.1.6 Producción dentro del País.....	10
2.2 MÉTODOS DE CONSERVACIÓN POR DESHIDRATACIÓN.....	11
2.2.1 Clasificación de los métodos de deshidratación.....	12
2.2.2 Deshidratación por aire o por convección.....	13
2.2.3 Deshidratación por conducción.....	14
2.2.4 Deshidratación por radiación.....	14
2.2.5 Deshidratación por congelación.....	14

2.2.6 Clasificación de los Deshidratadores.....	14
2.2.7 Tipos de secadores directos o por convección.....	16
2.2.7.1 Deshidratador de Bandejas o armario.....	17
2.2.8 Influencia del secado en el producto.....	18
2.2.9 Factores que influyen en la Deshidratación de un Alimento.....	20
2.2.9.1 Condiciones de proceso.....	21
2.2.9.2 Condiciones del producto.....	23
2.2.10 Condiciones del aire para el deshidratado.....	26
2.2.11 Estimación del tiempo de deshidratación.....	27
2.2.12 Períodos de secado.....	27
2.3 EL ESCALDADO.....	28

### **CAPÍTULO III: Materiales y Métodos**

3.1 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	30
3.2 MATERIALES Y EQUIPOS.....	30
3.2.1 materia prima.....	30
3.2.2 Instrumentos o materiales.....	31
3.2.3 Equipos.....	31
3.2.4 Insumos.....	31
3.3 MÉTODOS.....	32
3.3.1 Factores en estudio.....	32
3.3.2 Tratamientos.....	32
3.3.3 Diseño experimental.....	33
3.3.4 Características del experimento.....	33
3.3.5 Unidad experimental.....	33

3.3.6	Análisis de varianza.....	34
3.3.7	Análisis funcional.....	34
3.3.8	Variables evaluadas.....	34
3.3.8.1	Variables cuantitativas.....	34
3.3.8.2	Variables cualitativas.....	36
3.3.8.3	Análisis de laboratorio.....	37
3.4	MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO.....	37
3.4.1	Diagrama de bloques.....	38
3.4.2	Diagrama de flujo.....	39
3.4.3	Descripción del proceso.....	40

#### **CAPÍTULO IV: Resultados y Discusión**

4.1	DETERMINACIÓN DE LAS VARIABLES CUANTITATIVAS EVALUADAS.....	51
4.2	PESO DE LAS LÁMINAS DESHIDRATADAS AL FINAL DEL PROCESO.....	52
4.3	pH DE LAS LÁMINAS DESHIDRATADAS AL FINAL DEL PROCESO.....	55
4.4	SÓLIDOS SOLUBLES DE LAS LÁMINAS DESHIDRATADAS AL FINAL DEL PROCESO.....	57
4.5	HUMEDAD DE LAS LÁMINAS DESHIDRATADAS AL FINAL DEL PROCESO .....	58
4.6	TIEMPO EN LAS LÁMINAS DESHIDRATADAS AL FINAL DEL PROCESO.....	62
4.7	ANÁLISIS SENSORIAL DEL PRODUCTO TERMINADO.....	65
4.7.1	Color.....	66

4.7.2 Olor.....	66
4.7.3 Sabor.....	67
4.7.4 Textura.....	68
4.8 CURVAS CARACTERÍSTICAS DE DESHIDRATADO PARA LAS LÁMINAS DE PITAHAYA.....	69
4.8.1 Curva de deshidratado para T1.....	69
4.8.1.1 Humedad y velocidad de secado para T1...	71
4.8.2 Curva de deshidratado para T2.....	72
4.8.2.1 Humedad y velocidad de secado para T2...	73
4.8.3 Curva de deshidratado para T3.....	74
4.8.3.1 Humedad y velocidad de secado para T3...	75
4.8.4 Curva de deshidratado para T4.....	76
4.8.4.1 Humedad y velocidad de secado para T4...	77
4.8.5 Curva de deshidratado para T5.....	78
4.8.5.1 Humedad y velocidad de secado para T5...	79
4.8.6 Curva de deshidratado para T6.....	80
4.8.6.1 Humedad y velocidad de secado para T6...	81
4.8.7 Curva de deshidratado para T7.....	82
4.8.7.1 Humedad y velocidad de secado para T7...	83
4.8.8 Curva de deshidratado para T8.....	84
4.8.8.1 Humedad y velocidad de secado para T8...	85
4.9 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL PRODUCTO TERMINADO.....	86
4.10 BALANCE DE MATERIALES PARA LOS TRES MEJORES TRATAMIENTOS.....	87
4.11 DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO PARA LOS TRES MEJORES TRATAMIENTOS.....	88

## **CAPÍTULO V: Conclusiones y Recomendaciones**

CONCLUSIONES.....	89
RECOMENDACIONES.....	91

## **CAPÍTULO VI: Bibliografía**

BIBLIOGRAFÍA.....	92
-------------------	----

## **CAPÍTULO VII: Anexos**

ANEXO 1 Hoja de encuesta para la evaluación sensorial.....	96
ANEXO 2 Rangos tabulados para la variable color.....	98
ANEXO 3 Rangos tabulados para la variable olor.....	98
ANEXO 4 Rangos tabulados para la variable sabor.....	99
ANEXO 5 Rangos tabulados para la variable textura.....	99
ANEXO 6 Cálculos referenciales para las láminas deshidratadas.....	100
ANEXO 7 Cuadro de disminución de tiempo para el tratamiento T1....	101
ANEXO 8 Cuadro de disminución de tiempo para el tratamiento T2....	102
ANEXO 9 Cuadro de disminución de tiempo para el tratamiento T3....	103
ANEXO 10 Cuadro de disminución de tiempo para el tratamiento T4... 104	
ANEXO 11 Cuadro de disminución de tiempo para el tratamiento T5... 105	
ANEXO 12 Cuadro de disminución de tiempo para el tratamiento T6... 106	
ANEXO 13 Cuadro de disminución de tiempo para el tratamiento T7... 107	
ANEXO 14 Cuadro de disminución de tiempo para el tratamiento T8... 108	
ANEXO 15 Rango de ° Brix para fruta madura.....	109
ANEXO 16 Rango de ° Brix para fruta pintona.....	110

ANEXO 17 Análisis de laboratorio para los 8 tratamientos.....	111
ANEXO 18 Análisis microbiológico.....	112
ANEXO 19 Parámetros microbiológicos permitidos según Normas INEN 1529.....	113
ANEXO 20: NORMAS INEN NTE 2 337:2008; NTE INEN 2996:2015 Y NTE INEN 2 003: 2005.....	113

### ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1 Comparación de dos variedades de Pitahaya.....	5
CUADRO 2 Valor nutricional de la fruta Pitahaya.....	8
CUADRO 3 Tratamientos en estudio.....	33
CUADRO 4 Esquema del ADEVA.....	34
CUADRO 5 Variables Cuantitativas de la materia prima.....	51
CUADRO 6 Peso de las láminas al final del proceso.....	52
CUADRO 7 Análisis de varianza.....	52
CUADRO 8 Prueba de Tukey al 5 %.....	53
CUADRO 9 Prueba DMS para el factor B.....	54
CUADRO 10 pH de las láminas deshidratadas al final del proceso.....	56
CUADRO 11 Análisis de Varianza.....	56
CUADRO 12 Sólidos solubles de las láminas al final del proceso.....	57
CUADRO 13 Análisis de varianza.....	57
CUADRO 14 Humedad en las láminas al final del proceso.....	58
CUADRO 15 Análisis de varianza.....	59
CUADRO 16 Prueba de tukey al 5 %.....	60
CUADRO 17 Prueba DMS para el factor A.....	60

CUADRO 18 Prueba DMS para el factor B.....	60
CUADRO 19 Prueba DMS para el factor C.....	61
CUADRO 20 Tiempo al final del proceso de las láminas.....	63
CUADRO 21 Análisis de varianza.....	63
CUADRO 22 Prueba de Tukey al 5 %.....	64
CUADRO 23 Prueba DMS para el factor B.....	64
CUADRO 24 Análisis de Friedman para las variables.....	69
CUADRO 25 Valor de humedad y velocidad de secado para T1.....	70
CUADRO 26 Valor de humedad y velocidad de secado para T2.....	72
CUADRO 27 Valor de Humedad y velocidad de secado para T3.....	74
CUADRO 28 Valor de Humedad y velocidad de secado para T4.....	76
CUADRO 29 Valor de Humedad y velocidad de secado para T5.....	78
CUADRO 30 Valor de Humedad y velocidad de secado para T6.....	80
CUADRO 31 Valor de humedad y velocidad de secado para T7.....	82
CUADRO 32 Valor de humedad y velocidad de secado para T8.....	84
CUADRO 33 Análisis microbiológico de los mejores tres tratamientos.	86

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 Distribución de cultivos en el país.....	11
GRÁFICO 2 Representación gráfica de la variable peso.....	55
GRÁFICO 3 Interacción entre los factores a y C en variable peso.....	55
GRÁFICO 4 Interacción entre los factores A y B en variable humedad.	61
GRÁFICO 5 Representación gráfica de la variable humedad.....	62
GRÁFICO 6 Representación gráfica de la variable tiempo de secado...	65
GRÁFICO 7 Caracterización del color en el producto terminado.....	66
GRÁFICO 8 Caracterización del olor en el producto terminado.....	67

GRÁFICO 9 Caracterización del sabor en el producto terminado.....	67
GRÁFICO 10 Caracterización de la textura en el producto terminado.	68
GRÁFICO 11 Curva de deshidratado T1.....	70
GRÁFICO 12 Velocidad de secado vs humedad para T1.....	71
GRÁFICO 13 Curva de deshidratado T2.....	73
GRÁFICO 14 Velocidad de secado vs humedad para T2.....	73
GRÁFICO 15 Curva de deshidratado T3.....	75
GRÁFICO 16 Velocidad de secado vs humedad para T3.....	75
GRÁFICO 17 Curva de deshidratado T4.....	77
GRÁFICO 18 Velocidad de secado vs humedad para T4.....	77
GRÁFICO 19 Curva de deshidratado T5.....	79
GRÁFICO 20 Velocidad de secado vs humedad para T5.....	79
GRÁFICO 21 Curva de deshidratado para T6.....	81
GRÁFICO 22 Velocidad de secado vs humedad para T6.....	81
GRÁFICO 23 Curva de deshidratado T7.....	83
GRÁFICO 24 Velocidad de secado vs Humedad para T7.....	83
GRÁFICO 25 Curva de deshidratado T8.....	85
GRÁFICO 26 Velocidad de secado vs humedad para T8.....	85

### ÍNDICE DE FOTOS.

FOTO 1Recepción de la Pitahaya.....	40
FOTO 2 Clasificado de la fruta 1.....	41
FOTO 3 Clasificado de la fruta 2.....	41
FOTO 4 Fruta Lavada .....	41
FOTO 5 Desinfección de fruta.....	42
FOTO 6 Fruta lista para ser escaldada.....	42

FOTO 7 Pesaje de la fruta.....	43
FOTO 8Corteza de Pitahaya despulpada.....	43
FOTO 9 Pulpa de pitahaya.....	44
FOTO 10 Licuado de la pulpa.....	44
FOTO 11 Tamizado y separación de la semilla.....	44
FOTO 12 Peso de la pulpa.....	45
FOTO 13 Peso de pulpa sobre la bandeja.....	45
FOTO 14 Pulpa dispersa en la bandeja.....	46
FOTO 15 Deshidratador de bandejas.....	46
FOTO 16 Bandejas dispuestas en el deshidratador.....	47
FOTO 17 Pulpa deshidratada y pesada.....	47
FOTO 18 Separación de la lámina con la bandeja.....	48
FOTO 19 Cortes longitudinales en la lámina.....	48
FOTO 20 Láminas listas para su empaque.....	49
FOTO 21 Empaque de láminas deshidratadas de pitahaya.....	49
FOTO 22 Láminas empacadas.....	50
FOTO 23 Láminas de pitahaya listas para su almacenamiento.....	50

## GLOSARIO DE ABREVIATURAS.

cm	=	centímetros.
mm	=	milímetros.
g	=	gramos.
mg	=	miligramos.
Has.	=	hectáreas.
%	=	porcentaje.
°F	=	grados Fahrenheit.
kg	=	kilogramos.
°C	=	grados centígrados.
m.s.n.m	=	metros sobre el nivel del mar.
°Brix	=	grados brix.
lt	=	litros.
m/s	=	metros por segundo.
Kg S S	=	kilos de sólido seco.
KgH <sub>2</sub> O / Kg S S	=	kilogramos de agua/kilo de sólido seco.
X <sub>o</sub>	=	humedad inicial.
X <sub>c</sub>	=	humedad crítica.
W <sub>f</sub>	=	velocidad final de secado.
X <sub>f</sub>	=	humedad final.
h	=	horas.
kgH <sub>2</sub> O / hm <sup>2</sup>	=	kilogramos de agua/ hora por metro cuadrado.
X*	=	humedad de equilibrio.
NTE	=	Norma Técnica Ecuatoriana.

## RESUMEN.

La presente investigación tuvo como objetivo elaborar láminas deshidratadas a partir de pulpa de pitahaya "*Hylocereus undatum*" usando como factores el grado de madurez de la fruta, temperatura de secado y velocidad de aire en el secador.

El desarrollo experimental se realizó en las unidades edu-productivas de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Técnica del Norte.

A partir de la Pitahaya, la cual fue previamente, clasificada, lavada y escaldada, se obtuvo la pulpa (licuando y tamizando la fruta), disponiéndola en bandejas que contenían dos láminas de papel de arroz, el cual sirvió como base para las láminas. Se deshidrató la pulpa en las bandejas hasta obtener un peso constante, realizando tomas periódicas de peso. Una vez obtenidas las láminas se realizó los respectivos análisis cualitativos y cuantitativos para obtener los resultados.

En la fase del diseño experimental se empleó un Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial A x B x C usando los parámetros señalados anteriormente. Las variables evaluadas fueron humedad, peso, sólidos solubles, pH, y tiempo de secado para todos los tratamientos de los cuales se escogió los mejores 4 tratamientos para realizar las pruebas organolépticas (color, olor, sabor y textura). Los análisis de laboratorio se realizaron a los tres mejores tratamientos con la finalidad de precautelar la seguridad en el consumo del producto.

Se concluye que los parámetros óptimos para obtener láminas deshidratadas de pulpa de Pitahaya son los siguientes: T8 (fruta madura, temperatura de secado 60° C y velocidad de secado de 4 m/s) obteniendo un producto final con un buen rendimiento en peso, humedad final baja y en un tiempo de secado más corto, siendo también de gran aceptación organoléptica.

## SUMMARY

The present research aimed to develop sheets dried Dragon fruit pulp from "*Hylocereus buccinum*" using as parameters the maturity of fruit, drying temperature and velocity of air in the dryer.

The experimental development was done in edu-productive units of the Faculty of engineering in agricultural sciences and environmental of the University technique of the North.

The Pitahaya, which was previously selected, washed and scalded, pulp (blending and sifting the fruit) were obtained from placing it in trays containing two sheets of rice paper, which served as the basis for the blades. Dehydrated pulp trays until constant weight, making periodic shots of weight. Once obtained the blades were performed the respective qualitative and quantitative analysis, for to obtain the results.

The experimental design was used in a design completely at random in accordance with factor A x B x C using the parameters listed above The evaluated variables were the following: Moisture, weight, soluble solids, pH, and drying time for all treatments of which was chosen the best 4 treatments for to perform the organoleptic analysis (color, odor, taste, and texture) of the best 4 treatments, to select the three best treatments. Laboratory analysis was performed to the three best treatments with the aim of ensuring security in the consumption of the product.

It is concluded that the optimal parameters for dried Dragon fruit pulp sheets are as follows: T8 (ripe fruit, dried 60 ° C temperature and speed of drying of 4 m/s) obtaining a final product with a good performance in weight, low final moisture in a shorter drying time, being also very popular organoleptical.

# CAPÍTULO I

## Introducción.

### 1.1. Problema.

La Pitahaya amarilla es una fruta exótica de poca difusión y consumo en nuestro país. Existen cultivos dentro del país que, principalmente, se orientan a la exportación de la fruta, en estados de 50 % y 75 % de madurez, quedando la fruta que sobrepasa estos rangos para el mercado interno. A pesar de sus buenas propiedades nutricionales, la fruta no es muy conocida en el país.

En el Ecuador no se dispone información suficiente sobre las cualidades nutricionales de esta fruta en forma industrializada, la insuficiente investigación de las empresas privadas e instituciones de educación superior, en la industrialización de frutas exóticas, ha hecho que éstas no sean aprovechadas su potencial, siendo estas frutas destinadas al consumo directo.

A pesar de existir productos industrializados a base de muchas frutas, no existe en el país información sobre parámetros de procesamiento industrial de pitahaya, al contrario de otros países donde aprovechan industrialmente la fruta fresca y elaboran diversos productos con valor agregado.

## **1.2. Justificación.**

A través de esta investigación se busca dar a conocer la potencialidad agroindustrial de la Pitahaya *Hylocereus undatus*, elaborando un producto deshidratado a base de esta fruta, aprovechando las propiedades nutritivas de la misma.

A través de la deshidratación se busca desarrollar un producto nuevo a partir de la pitahaya, como son las láminas a partir de su pulpa, el cual reúna características organolépticas propias y se oriente a un mercado diferente al de la fruta fresca.

A través de esta investigación se busca innovar con productos industrializados en base a frutas exóticas, como es la Pitahaya para tener mayor cantidad de alternativas de consumo de estos frutos y promover futuras investigaciones acerca de estas materias primas, incentivando el desarrollo del conocimiento acerca de la Pitahaya y ayudando al desarrollo de los sectores productores de esta fruta.

### **1.3. Objetivos.**

#### **1.3.1. General.**

Obtener láminas deshidratadas a partir de pulpa de pitahaya *Hylocereus undatus*.

#### **1.3.2. Específicos.**

- ✓ Evaluar la madurez comercial de la fruta para la obtención de pulpa de pitahaya.
- ✓ Establecer las características físico-químicas de la pulpa de Pitahaya.
- ✓ Evaluar los parámetros de deshidratación (temperatura, velocidad de aire para secado e índices de madurez) para la elaboración de láminas de Pitahaya.
- ✓ Evaluar las características físico-químicas, microbiológicas y sensoriales del producto terminado.

#### **1.4. Hipótesis.**

##### **1.4.1. Hipótesis nula.**

El grado de madurez, velocidad de aire y la temperatura no afectan en la calidad de la obtención de láminas deshidratadas de pitahaya.

##### **1.4.2. Hipótesis Alternativa.**

El grado de madurez, velocidad de aire y la temperatura afectan en la calidad de la obtención de láminas deshidratadas de pitahaya.

## CAPITULO II

### Marco Teórico.

#### 2.1. La Pitahaya

Según el país en que se encuentre la pitahaya recibe distintos nombres, entre los que destacan: pitahaya, pitajaya (Colombia), Dragon fruit, Belle of the night (inglés), Belle de nuit (Francia), Distelbrin (Alemania), flor de cáliz (Venezuela, Puerto Rico), entre otros. Existen dos variedades comestibles de diferente tamaño y color, la amarilla y la roja, las dos procedentes de plantas de las Cactáceas. Esta familia consta de más de 600 especies conocidas como cactus que producen mucílagos, ácidos orgánicos y glucósidos. También se la conoce como Pitaya, Pitajón, Yaurero y Warakko. (CEZA, 2011)

Existen dos variedades predominantes que son la variedad amarilla y la roja, a continuación se detalla un cuadro comparativo entre ambas variedades:

**Cuadro 1: Comparación de dos variedades de Pitahaya**

CARÁCTER	PITAHAYA AMARILLA	PITAHAYA ROJA
NOMBRE CIENTIFICO	Selenicereus megalanthus	Hylocereus ocamponis
TIPO DE PLANTA	Trepadora	Trepadora
COLOR DE LA FLOR	Amarilla	Rosada
ANGULO DE YEMAS	Cóncavo	Convexo
SABOR	Dulce, nada ácido, más apetecido para consumo	Menos dulce, nada ácido, más apetecido para
CARACTERISTICAS DE LA FRUTA	Con espinas, Pulpa blanca, mayor resistencia al	Con brácteas, sin espinas, Pulpa blanca o roja vinosa,
COMPATIBILIDAD CON OTRAS ESPECIES	Posible polinización	Posible polinización
TIEMPO DE DESARROLLO DEL FRUTO	Más largo (aprox. 125 días o más)	Menos largo (aprox. 50 días)
TAMAÑO COMPARATIVO DE LA FRUTA	Frutas más pequeñas y menos pesadas	Frutas más grandes y más pesadas
SEMILLAS	Longitud de 2 a 4 mm	Longitud de 4 a 6 mm
CARACTERISTICAS DEL TALLO	Tallo voluble en estado joven, tolera alta torción	Tallo poco turgente en estado joven, no tolera mucha

FUENTE: ACRES (2011)

Destaca el contenido de vitamina C en la variedad roja, no así en la amarilla. La porción comestible supone un 55% del peso total. La vitamina C interviene en la formación de colágeno, huesos y dientes, glóbulos rojos y favorece la absorción del hierro de los alimentos, la resistencia a las infecciones y tiene acción antioxidante.

(Eroski consumer, 2014).

La pitahaya es una planta trepadora que posee un sistema radicular superficial, alcanzando hasta 15 cm de profundidad del suelo. El crecimiento de las raíces es paralelo a la superficie del suelo. Además, desarrolla raíces adventicias a partir de los tallos, las que le permiten adherirse, trepar y mantener la planta erecta. (CEZA, 2011)

Los tallos son de 3 - 6 cm de ancho, generalmente péndulos, verdes, de sección triangular, carnosos y suculentos, trepadores, con muchos segmentos ramificados. Presentan 3 costillas de 1,6 - 2,6 cm de longitud. Las areólas están a 2 - 4 cm entre sí; con 3 espinas de 2 - 4 mm de largo. Axilares a las espinas se ubican las yemas que pueden dar origen a nuevos tallos o flores. También existen variedades que no presentan espinas. Los tallos pueden alcanzar 6 m o más dependiendo de las condiciones de cultivo. En *H. undatus*, los estomas están encriptados en la epidermis y los tejidos de los tallos contienen un volumen considerable de parénquima. (CEZA, 2011)

### **2.1.1. Origen y distribución geográfica actual de cultivo**

El origen de *Hylocereus* spp. Son los bosques tropicales y subtropicales de México y Centro y Sudamérica (incluyendo el sur de México, el lado del Pacífico de Guatemala, Costa Rica, El Salvador, Venezuela, Colombia, Ecuador, Curaçao, Nicaragua, Panamá, Brasil y Uruguay). Desde su centro de origen la pitahaya se

ha dispersado hacia América tropical y subtropical, Asia, Australia y el Medio Oriente. (CEZA, 2011).

La pitahaya fue descubierta por primera vez en forma silvestre por los conquistadores españoles en México, Colombia, Centroamérica y las Antillas, quienes le dieron el nombre de "pitaya" que significa fruta escamosa. La variedad amarilla se cultiva en zonas tropicales y tropicales altas (Colombia, Bolivia, Ecuador, Perú, Venezuela y en general toda la zona centroamericana) y la roja, en México, Nicaragua y Vietnam, entre otros. (Eroski consumer, 2014)

### **2.1.2. Clasificación taxonómica**

La pitahaya pertenece al género *Hylocereus* familia Cactaceae. Las especies pertenecientes al género *Hylocereus* son plantas trepadoras con raíces aéreas que producen un fruto glabro con largas brácteas. Las cactáceas comprenden 120 a 200 géneros, donde 1500 a 2000 especies se encuentran en condiciones semidesérticas y regiones tropicales cálidas de Latinoamérica. (CEZA, 2011).

La clasificación de las especies de cactus comestibles se basa en la naturaleza del hábito crecimiento, el color de la cáscara del fruto y el color de la pulpa. Los cactus comestibles son divididos en 3 grupos basado en su hábito de crecimiento: cactus enredadera (epífita, trepadora o rastrera), cactus columnares y Opuntias. Las especies de cactus enredaderas comestibles pertenecen a 2 géneros diferentes; *Hylocereus* y *Selenicereus*. (CEZA, 2011)

### **2.1.3. Valor Nutricional.**

La pitahaya es un alimento hidratante y de alto valor nutritivo, que nos aporta azúcares naturales, fibra, niacina y vitamina C. Los valores de azúcares (entre 9 y 15 g por cada 100 g) se absorben lentamente debido a la acción de la fibra soluble

que nos aporta el mismo alimento, lo que lo convierte en un alimento adecuado para la Diabetes. (Botanical on line 2014)

La fibra soluble del fruto (mucílago) es la responsable de la textura gelatinosa de la pulpa. Este tipo de pulpa es muy saludable pues tiene un efecto saciante y ayuda a regular el tránsito intestinal, combate el estreñimiento y el colesterol. La fruta tiene minerales como el calcio, fosforo potasio y magnesio, que ayudan a equilibrar los electrolitos del cuerpo, especialmente después de hacer deporte. Es un fruto recomendado para deportistas porque aporta energía de calidad y nutritiva. (Botanical on line, 2014)

A continuación se detalla un cuadro de valor nutricional comparativo entre la pitahaya amarilla y la roja:

**Cuadro 2: Valor Nutricional de la fruta de pitahaya**

<b>FACTOR</b>	<b>PITAHAYA AMARILLA</b>	<b>PITAHAYA ROJA</b>
ÁCIDO ASCÓRBICO	4 mg	25 mg
AGUA	85,4 g	89,4 g
CALCIO	10 mg	6 mg
CALORÍAS	50	36
CARBOHIDRATOS	13,2 g	9,2 g
CENIZAS	0,4 g	0,5 g
FIBRA	0,5 g	0,3 g
FÓSFORO	16 mg	19 mg
GRASA	0,1 g	0,1 g
HIERRO	0,3 mg	0,4 mg
NIACINA	0,2 mg	0,2 mg
PROTEINAS	0,4 g	0,5 g
TIAMINA	0,03 mg	0,01 mg
RIVOFLAVINA	0,04 mg	0,03 mg
POR 100 GRAMOS DE FRUTA ( 55 GRAMOS DE PARTE COMESTIBLE)		
<b>FUENTE:</b> ACRES 2011		

#### **2.1.4. Usos del producto y derivados**

Según JORDÁN (2014), la pitahaya puede tener los siguientes usos o aplicaciones:

- Se la utiliza para preparar refrescos, utilizando su pulpa y las semillas licuadas donde se obtiene un jugo rico en proteínas.
- También con ella se elabora sorbetes, que son comúnmente utilizados.
- Su extracto se utiliza para preparar jarabes.
- Dulces y otros confites con su fruta.
- Aplicación en farmacéuticas para tónico cardiaco regulando la presión arterial, laxante, propiedades curativas y protectoras contra úlceras y acidez estomacales
- También de la corteza se extrae un látex que limpia, humecta y previene el envejecimiento de la piel, aplicándola como crema y perfume.
- Adicionalmente ayuda a contrarrestar enfermedades branquiales.
- En ganadería para vacas con retención de placenta y preparado con sal para refrescar al ganado.
- Se utiliza para arreglos decorativos en platos gourmet, ensaladas y postres, en ocasiones también para arreglos florales y de frutas exóticas.

### **2.1.5. Propiedades Nutraceuticas**

La pitahaya es una fruta baja en calorías y con un escaso aporte calórico, se puede combinar con otras frutas que la enriquecen en matices y nutrientes, por lo que la pueden consumir los niños, los jóvenes, los adultos, los deportistas, las mujeres embarazadas o madres lactantes y las personas mayores.

Por su escaso valor calórico y la pitahaya roja por su aporte de vitamina C, son adecuadas para quienes tienen un mayor riesgo de sufrir carencias de dicha vitamina: personas que no toleran los cítricos, el pimiento u otros vegetales, que son fuente casi exclusiva de vitamina C en la alimentación o para personas cuyas necesidades nutritivas están aumentadas. Algunas de estas situaciones son: periodos de crecimiento, embarazo y lactancia materna. Así mismo, el tabaco, el abuso del alcohol, el empleo de ciertos medicamentos, el estrés, la actividad física intensa, y las enfermedades inflamatorias crónicas, que disminuyen el aprovechamiento y producen mala absorción de nutrientes.

La vitamina C, como antioxidante, contribuye a reducir el riesgo de múltiples enfermedades, entre ellas, las cardiovasculares, las degenerativas e incluso el cáncer. Además, debido a que la vitamina C aumenta la absorción del hierro de los alimentos, se aconseja en caso de anemia ferropénica, acompañando a los alimentos ricos en hierro o a los suplementos de este mineral ya que esto acelera la recuperación. (Botanical on line 2015)

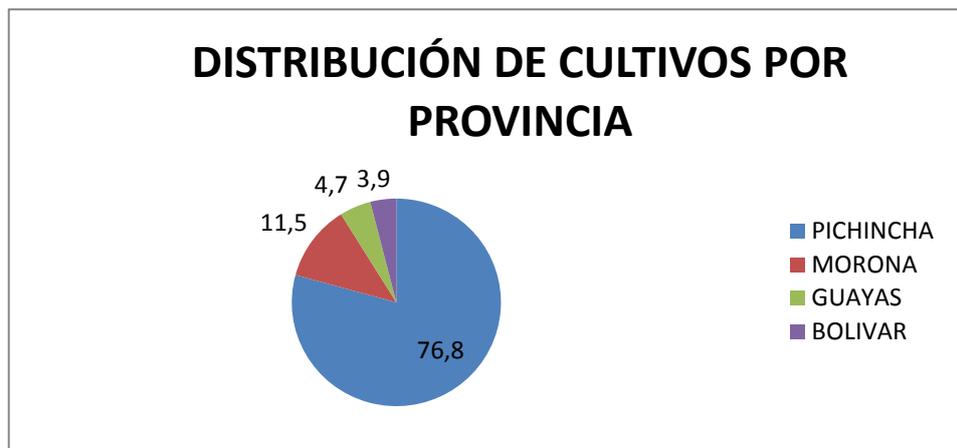
### **2.1.6. Producción dentro del País.**

Según JORDÁN (2014), en el Ecuador, el cultivo de pitahaya recién tiene una apertura de producción, ya que sus inicios fueron aproximadamente hace 10 años, y se localizaba en el sector noroccidente de la provincia de Pichincha. Después de algunos años apareció una variedad de esta fruta en el oriente ecuatoriano, cuya diferencia era que tenía mucha más pulpa, tenía un mayor peso, mayor grado Brix (miden el porcentaje total de sólidos solubles) y de mejor apariencia que la fruta colombiana.

Según ACRES (2011), la pitahaya amarilla en Ecuador conforme el III Censo Nacional Agropecuario realizado por el INEC en 2000 cubría una superficie a nivel nacional de 165 Has. de las cuales se cosecharon 110 Has.

La distribución geográfica en el 2006 de los cultivos de pitahaya amarilla ecuatoriana era la siguiente:

**Grafico 1: Distribución de cultivos de Pitahaya en el país.**



FUENTE: ACRES, 2011

## **2.2. METODOS DE CONSERVACIÓN POR DESHIDRATACIÓN**

Según COLINA (2010), la deshidratación es el proceso en el cual se remueve la totalidad del agua de un producto, dando como resultado un producto sólido con un contenido de humedad significativamente bajo.

El secado de los alimentos es el método más antiguo de conservación de los productos. La utilización del sol para reducir el contenido de agua de un producto es el método más ancestral y menos costoso de conservación, algunos autores indican que en el paleolítico, hace 400.000 años se secaban al sol alimentos, carnes y pescados especialmente.

Para COLINA (2010), en el siglo XVIII empieza el secado acelerado por el humo de combustión de carbón, pero este sistema implica una alteración del sabor. En el

siglo XX las técnicas industriales aportan el extraordinario resurgimiento de este sistema de conservación, que todavía continúa dando lugar al nacimiento de productos nuevos.

En la actualidad la deshidratación es uno de los métodos de conservación de alimentos más ampliamente utilizados para la manufactura de productos, ya sean intermedios o finales, siendo un rubro de mucha importancia económica dentro de los alimentos procesados en todos los países del mundo.

Según CASP (2010), la industria agroalimentaria utiliza la deshidratación como método de conservación de un gran número de productos, con la deshidratación de un producto se consigue un incremento de las posibilidades de conservación y una gran reducción de peso, hasta su quinta parte cuando se trata de raíces o tubérculos, y hasta quince veces menor en vegetales de hoja.

El valor nutritivo de la mayoría de los alimentos deshidratados no se ve afectado de forma importante por el proceso, pero la mayor parte de ellos, una vez rehidratados, no presentan las características del producto fresco, ni en sabor ni en textura, y normalmente requieren también mayor tiempo para cocer, por lo que normalmente en estos casos, la deshidratación conduce a la obtención de un nuevo producto; las frutas desecadas se consumen sin intentar su reconstitución y no compiten con las frutas frescas.

La deshidratación de un alimento es un proceso complejo que involucra una transferencia simultánea de calor y masa en el alimento. Es decir que simultáneamente se debe:

- Transmitir calor al alimento para suministrarle el calor latente de evaporación requerido.
- Que el agua evaporada se desplace a través de la masa del alimento y se elimine del mismo. El agua de la superficie del producto no representa gran problema para su eliminación, pero el agua localizada en las zonas internas del producto presenta una mayor dificultad para su eliminación.

### **2.2.1 Clasificación de los Métodos de Deshidratación de los Alimentos.**

COLINA (2010) manifiesta que existen muchas clasificaciones de los métodos y equipos de deshidratación de alimentos, ya que pueden clasificarse de acuerdo con diferentes criterios, de los que pueden mencionarse:

El modo de transmisión de calor:

- Deshidratación por convección (por aire)
- Deshidratación por conducción
- Deshidratación por radiación
- Deshidratación por congelación (liofilización)

La Presión del proceso

- Deshidratación Atmosférica
- Deshidratación al vacío

El tipo de producto por deshidratar

- Deshidratación de sólidos
- Deshidratación de fluidos de baja viscosidad
- Deshidratación de fluidos de alta viscosidad (pastas)
- Deshidratación de fluidos con sólidos de gran tamaño en suspensión.

### **2.2.2. Deshidratación por aire o convección**

Para SINGH (2013), en este proceso el calor requerido para evaporar el agua del producto es suministrado por aire caliente en contacto directo con el material que se va a deshidratar, efectuándose una transferencia de calor por convección. Cuando la deshidratación por aire se efectúa a presión atmosférica, el mismo aire caliente es el que arrastra la humedad del producto. En este caso inicialmente el

producto en contacto con el aire caliente incrementara su temperatura superficial, pero en el momento en que la humedad del producto empieza a ser evaporada, su superficie sufre un enfriamiento hasta la temperatura de saturación adiabática del aire y esta temperatura se mantiene constante hasta que se ha eliminado el agua libre del producto.

El aire conduce calor al alimento causando que el agua vaporice, y es el vehículo para transportar el vapor húmedo liberado del alimento que se está deshidratando.

### **2.2.3. Deshidratación por Conducción**

Como su nombre lo indica, el calentamiento del producto se lo lleva acabo por conducción a través del contacto del producto con la superficie caliente. Según COLINA (2011), en este caso, la temperatura de la superficie del producto expuesta a la fuente de calentamiento, se incrementa constantemente durante la deshidratación, aproximándose a la temperatura de calentamiento.

### **2.2.4. Deshidratación por radiación**

En este método de deshidratación el calentamiento del producto se efectúa mediante energía radiante (infrarroja, dieléctrica, o microondas)

### **2.2.5. Deshidratación por Congelación**

Llamada también Liofilización, Para SINGH (2013), en este método el producto se congela y se somete a un vacío riguroso, lo que conduce a la sublimación del agua del producto. El agua se remueve a través del vacío.

En los últimos tres métodos de deshidratación (conducción, radiación y liofilización), el calor suministrado al producto para la evaporación o sublimación del agua, proviene de una fuente diferente del medio de eliminación por vapor, por lo que a tales procesos de deshidratación también se les conoce como procesos no adiabáticos.

### 2.2.6. Clasificación de los Deshidratadores

Existen algunas clases o tipos de secadores, según SINGH (2009), en función de la influencia de la transferencia de materia y de la transmisión de calor, el sistema de deshidratación más eficaz será aquel que mantenga los máximos valores posibles de los gradientes de presión de vapor y de temperatura entre el aire y el interior del producto a deshidratar.

La mayor parte de los deshidratadores industriales están cubiertos por un material aislante para reducir las pérdidas calóricas y en ellos el aire caliente se hace recircular para ahorrar energía. Muchos de ellos poseen sistemas de recuperación de energía que aprovechan el calor del aire a la salida o que controlan automáticamente su humedad relativa.

De acuerdo a COLINA (2010), se pueden distinguir, según el procedimiento para transmitir el calor al sólido húmedo, los siguientes tipos de secadores:

- **Secadores Directos o Convectivos**, los cuales se caracterizan por utilizar gases calientes que entran en contacto directo con el sólido húmedo al que transmiten calor por convección fundamentalmente y que arrastran fuera del secador los vapores producidos.
- **Secadores por Conducción o Indirectos**, los cuales se caracterizan porque en ellos la transmisión de calor hasta el material húmedo tiene lugar por conducción a través de una pared, generalmente metálica.
- **Secadores por Radiación**, éstos se basan en la transferencia de energía radiante para evaporar la humedad del producto. Esta energía se produce eléctricamente o por medio de refractarios únicamente calentados por gas. El costo de energía necesaria para

este método es de dos a cuatro veces mayor que el costo de combustible en los secadores descritos anteriormente.

- **Secadores Dieléctricos,** Se caracterizan por generar calor en el interior del propio sólido en virtud de un campo eléctrico de alta frecuencia que provoca una gran agitación de las moléculas polares, cuya fricción genera el calor necesario para la evaporación.

### **2.2.7. Tipos de secadores Directos o por Convección.**

Los secadores directos o por convección, según CASP (2010), son en general aparatos sencillos y de fácil manejo. Los secadores por convección son los más utilizados en las industrias agrícolas y constan, en esencia, de las siguientes partes:

- Recinto.
- Sistema de calefacción.
- Sistema de impulsión de aire.

Entre los principales secadores de este tipo podemos señalar los siguientes:

- Secadores de horno o estufa
- Secadores de bandeja o armario
- Secadores de túnel
- Secadores de cinta transportadora
- Secador de torre o de bandejas giratorias
- Secadores de cascada
- Secadores rotatorios
- Secadores de lecho fluidizado
- Secadores por arrastre neumático
- Secadores por atomización

#### **2.2.7.1. Deshidratadores de Bandejas o Armario**

Para COLINA (2010), son un tipo de deshidratadores muy comunes en la industria de alimentos. Debido a que su capacidad es relativamente baja se emplean para deshidratar diversos tipos de alimentos, o bien, cuando el volumen del producto a deshidratar es pequeño o estacional. Consisten en cámaras o gabinetes aislados que contienen charolas sobre las que se coloca una o más capas del producto por deshidratar y se hace circular aire caliente, ya sea con flujo paralelo o con flujo transversal al producto.

En estos equipos las condiciones de deshidratación se controlan de manera muy simple y se cambian con facilidad. Sin embargo es común que las charolas cercanas a la entrada de aire estén expuestas a condiciones distintas de las que se encuentran cerca del final de la trayectoria del aire.

Esta falta de uniformidad es principalmente resultado del movimiento no uniforme del aire dentro del deshidratador. Para evitar esto y lograr un proceso de deshidratación uniforme en todo el producto, es importante eliminar las bolsas de aire estancado y mantener una temperatura uniforme en todo el deshidratador, lo cual se logra haciendo pasar grandes volúmenes de aire a velocidades relativamente altas sobre las charolas. Como el gasto energético de calentar estos grandes volúmenes de aire es elevado, muchas veces se procede a la recirculación de una fracción del aire caliente.

Según CASP (2010), el ventilador colocado en la parte superior hace circular el aire por los calentadores y después entre las bandejas, con la ayuda de unos deflectores montados convenientemente. El calentador está constituido por un haz de tubos en cuyo interior circula normalmente vapor de agua. Por el conducto de salida se evacúa constantemente aire húmedo, mientras que a través de la abertura entra aire fresco.

Los deshidratadores de este tipo son relativamente baratos de construir y requieren bajos costos de mantenimiento. Sin embargo, su operación es costosa debido a la baja economía calorífica y los altos costos de mano de obra. Este tipo de secadores son comúnmente usados para estudios de laboratorio en la

deshidratación de frutas y hortalizas y en operaciones comerciales de pequeña escala y temporales.

#### **2.2.8. Influencia del Secado en el Producto.**

**Sobre la Textura.** La idea de FELLOWS (1994), tomada referencia en la tesis de Castro & Manosalvas (2011), la principal causa de alteración de la calidad de los alimentos deshidratados por estos sistemas reside en las modificaciones que éstos provocan en su textura. La temperatura y la velocidad de deshidratación ejercen un efecto determinante sobre la textura de los alimentos. Las temperaturas elevadas provocan complejos cambios físicos y químicos en la superficie del alimento que conducen a la formación de una capa superficial dura e impenetrable.

**Sobre el Bouquet y Aroma.** El calor no sólo provoca el paso del agua a vapor durante la deshidratación, sino también la pérdida de algunos componentes volátiles del alimento. La intensidad con la que esta pérdida se produce depende de la temperatura y de la concentración de sólidos en el alimento, así como de la presión de vapor de las sustancias volátiles y su solubilidad en el vapor de agua. Un adecuado control de las condiciones de deshidratación en las primeras fases del proceso, permite reducir al mínimo estas pérdidas. Aquellos alimentos más caros, por sus especiales características aromáticas se deshidratan a temperaturas bajas.

**Sobre el Color.** La idea de FELLOWS (1994), citada en la tesis de Castro & Manosalvas (2011), la deshidratación cambia las características de la superficie del alimento y por tanto su color y reflectancia. Los cambios químicos experimentados por los pigmentos derivados, el caroteno y la clorofila, están producidos por el calor y la oxidación que tienen lugar durante la deshidratación.

Los alimentos en su forma nativa son, por lo general, de color brillante. El secado de los alimentos cambia sus propiedades físicas y químicas y puede esperarse que altere sus habilidades para reflejar, dispersar, absorber y transmitir la luz y, por lo

tanto, modificar su color. Se ha encontrado que los carotenoides son alterados durante el proceso de secado. Mientras mayor sea la temperatura y más largo el tratamiento, serán alterados más pigmentos.

**Sobre el Valor Nutritivo.** La idea de FELLOWS (1994), referenciada en la tesis de Castro & Manosalvas (2011), las diferencias observadas en el valor nutritivo de los alimentos deshidratados se deben a los distintos sistemas de preparación, a la temperatura durante el proceso y a las condiciones durante el almacenamiento. Las pérdidas de valor nutritivo que se producen durante la preparación de frutas y verduras son generalmente mayores que las que ocasiona el propio proceso de deshidratación.

En el secado, un alimento pierde su contenido de humedad, lo cual da como resultado un aumento en la concentración de nutrientes en la masa restante. En los alimentos secos hay una pérdida de vitaminas. Puede esperarse que las vitaminas solubles en agua sean parcialmente oxidadas. Las vitaminas solubles en agua son disminuidas durante el blanqueador y la inactivación de enzimas.

**Sobre los Microorganismos.** El método de control más usado es la reducción de la humedad en el producto para evitar el crecimiento microbiano, la idea de Desroiser (1991), citada en la tesis de Castro & Manosalvas (2011), aclara que en vista de que los microorganismos están ampliamente distribuidos en toda la naturaleza, y que los productos alimenticios en un tiempo o en otro están en contacto con el suelo y el polvo se anticipa que los microorganismos estarán activos siempre que las condiciones lo permitan. Un método obvio de control es la restricción de la humedad para el crecimiento. La cantidad de humedad en el alimento establece cuáles microorganismos tendrán oportunidad de crecer. Están establecidos ciertos parámetros para el crecimiento microbiano. Los mohos pueden crecer en los sustratos alimenticios con una humedad tan baja como el 12% y se conocen algunos que crecen en alimentos con menos de 5% de humedad. Las bacterias y las levaduras requieren niveles de humedad más altos, generalmente sobre 30%.

**Sobre la Actividad Enzimática.** Según Desroiser (1991), las enzimas, por lo general, son sensibles a las condiciones de calor húmedo, especialmente a las temperaturas superiores a la máxima para la actividad enzimática. Las temperaturas de calor húmedo cercanas al punto de ebullición del agua encuentran enzimas casi instantáneamente inactivadas. Hay excepciones, pero con una regla, un minuto a 212° F deja a las enzimas inactivas.

Por tanto, es importante controlar la actividad enzimática, ya sea tratando al material alimenticio a condiciones de calor húmedo o inactivando químicamente las enzimas. En cualquier caso las enzimas deben ser inactivadas.

### **2.2.9. Factores que influyen en la Deshidratación de un alimento.**

Existen diversos factores que afectan en la deshidratación de un alimento. Según COLINA (2010) Estos factores pueden dividirse en:

#### **2.2.9.1. Condiciones de Proceso.**

Según SINGH (2013), entre las condiciones de proceso se encuentran la temperatura, velocidad y humedad relativa del aire utilizado para la deshidratación, así como la presión existente en el sistema y los tratamientos previos al secado.

- **Temperatura del aire de entrada:** la velocidad de deshidratación de un alimento varía en relación directa con la temperatura del aire utilizado para la deshidratación, es decir con el aire que entra al deshidratador. Cuando entra aire a altas temperaturas se incrementa la velocidad de transferencia de calor, lo cual trae como consecuencia mayor velocidad de evaporación. Por otra parte la humedad relativa del aire decrece conforme aumenta la temperatura del mismo, lo cual aumenta la gradiente de humedad entre el aire y la superficie del producto, y acelera la remoción del agua del producto.

- **Temperatura de aire de salida:** Conforme ocurre la deshidratación de un producto, el aire del interior del deshidratador va cediendo calor sensible al producto y adquiriendo su humedad. En consecuencia, a la salida del deshidratador el aire se encontrará a menor temperatura y mayor humedad relativa que el aire de entrada. La mayor eficiencia del deshidratador se obtiene con la mayor temperatura del aire de entrada y la menor temperatura del aire de salida. El mínimo de temperatura del aire de salida. El mínimo de temperatura del aire de salida se fija de acuerdo con su humedad y las especificaciones de humedad final que el producto debe tener a la salida del deshidratador.
- **Velocidad del aire:** la velocidad a la que el aire utilizado para la deshidratación fluye sobre, o a través del producto, afecta la velocidad de evaporación del agua de la superficie del producto hacia el aire. Un incremento en la velocidad del aire, y su consecuente aumento en la turbulencia de la corriente, aumenta la velocidad de la transferencia de masa por convección y, por consiguiente, aumenta la velocidad de deshidratación. Sin embargo, velocidades excesivamente altas de aire provocan arrastre de producto, dificultan el control de las condiciones del proceso e incrementan los costos de operación debido al mayor gasto energético requerido para calentar y hacer circular una mayor masa de aire.
- **Humedad relativa del aire:** el gradiente de humedad entre el aire de deshidratación y la superficie del producto es la fuerza impulsora para la transferencia externa de masa, en este caso la remoción del agua del producto. Cuando menor sea la humedad relativa del aire mayor será dicho gradiente y, por ende, mayor la velocidad de deshidratación, la humedad relativa del aire al final del proceso de deshidratación también determina la humedad de

equilibrio del producto. Una vez que el aire y el alimento alcanzan una humedad de equilibrio, el producto no puede deshidratarse más, por lo que la humedad del aire de salida influye mucho en la calidad del producto deshidratado.

- **Presión del Sistema:** La presión a la que se realiza el proceso determina las relaciones de equilibrio del agua, por lo que influye en la velocidad de deshidratación. Cuando la velocidad se efectúa bajo vacío, se reduce la presión de vapor del aire y la remoción del agua del producto, en el período de velocidad constante, se realiza con mayor rapidez. Sin embargo, en el período de velocidad decreciente, donde la deshidratación está limitada por la transferencia de masa interna en el producto, el vacío ejerce poca influencia. (Colina, 2010).
- **Actividad del Agua.** Uno de los factores más importantes de la deshidratación de los alimentos es la condición de equilibrio que determina el límite del proceso. Aunque este valor es una parte importante del gradiente que provoca el movimiento del agua, la actividad de ésta se ha convertido en un factor determinante en el estudio de la estabilidad de los alimentos secos. Por definición la actividad del agua es la humedad relativa de equilibrio dividida por 100.

**2.2.9.2. Condiciones del Producto.** Como humedad, tamaño, forma, estructura, composición química, etc.

- **Composición Química.** Según COLINA (2011), El tipo y la concentración de los componentes químicos, presentes en un alimento, determinan no solo su contenido inicial de humedad, sino la forma en que el agua interactúa con ellos, que se refleja en la actividad de agua del alimento e influye en la movilidad de las

moléculas de agua durante la deshidratación. Algunos solutos como azúcares, almidones, gomas, proteínas y sales, interactúan con el agua del alimento, disminuyendo la velocidad de transporte de agua, y, por consiguiente, reduciendo la velocidad de deshidratación.

- **Estructura Celular.** Para CASP (2010), en la mayoría de los alimentos una porción del agua está contenida dentro de las células (agua intracelular), y el resto del agua se encuentra fuera de ellas (agua intercelular). La primera es más difícil de remover, ya que debe difundirse a través de la membrana celular. Cuando se rompen las estructuras celulares, por ejemplo durante el escaldado, la deshidratación se realiza con mayor facilidad.
- **Forma y Tamaño del Producto.** Según SINGH (2009), la distancia que las moléculas de agua deben recorrer desde el interior del alimento hasta la superficie del mismo, donde son removidas, determina la velocidad de deshidratación, sobre todo en la etapa de velocidad decreciente, donde la transferencia interna del agua es el factor limitante para remover humedad. Cuando los alimentos se rebanan o cortan en finos segmentos aumenta su área superficial y esto facilita la deshidratación, ya que disminuye el grosor del producto y, por tanto, se reduce la distancia entre cualquier punto interno del alimento y la superficie.
- **Humedad del Producto.** Según COLINA (2011), el contenido de humedad de un alimento es la cantidad de agua total que contiene y que puede expresarse en tres diferentes formas:
  - ✓ **Porcentaje de humedad,** es la forma más común de expresar el contenido de humedad de un alimento y puede calcularse con la siguiente expresión:

$$\% \text{ humedad} = \frac{\text{Masa de agua de un producto (Kg)}}{\text{Masa total del producto húmedo (Kg)}} \times 100$$

- ✓ **Contenido de humedad en base húmeda ( $W_{bh}$ ).** Que puede determinarse mediante la siguiente expresión:

$$W_{bh} = \frac{\text{Masa de agua de un producto (Kg agua)}}{\text{Masa total del producto húmedo (Kg producto húmedo)}}$$

- ✓ **Contenido de Humedad en Base Seca (W).** Esta forma de expresar el contenido de humedad de un alimento es la que se utiliza en la construcción de las curvas de secado, así como en los cálculos de tiempo y velocidad de deshidratación y puede determinarse mediante la siguiente expresión:

$$W = \frac{\text{Masa de agua de un Producto (Kg agua)}}{\text{Masa de sólidos secos del producto (Kg sólidos secos)}}$$

- **Humedad de Equilibrio.** Es el contenido de humedad que tiene un producto, cuando su presión de vapor está en equilibrio con el medio que lo rodea. La humedad de equilibrio es la humedad más baja a la que puede llegar dicho producto deshidratado, bajo condiciones específicas de temperatura y humedad del aire circundante. Los alimentos rara vez se deshidratan hasta su contenido de humedad de equilibrio, ya que en este punto el alimento se encuentra demasiado ávido de agua y cualquier cambio en el medio ambiente circundante puede provocar una adsorción indeseable de agua por parte del alimento.

Es por eso que la humedad final ( $W_f$ ) de un producto deshidratado, por lo común es ligeramente superior al contenido de humedad de equilibrio ( $W_e$ ).

- **Humedad Crítica.** Corresponde al contenido de humedad del producto cuando se ha eliminado prácticamente toda su agua libre y solo le resta agua débilmente ligada y agua ligada. Es importante en virtud de que establece el final de la etapa de velocidad constante y el inicio de la etapa de velocidad decreciente. La humedad crítica de los alimentos normalmente se encuentra entre 15 y 45% pero depende mucho de factores como:
  - ✓ Composición química (presencia de componentes hidrofílicos, como polisacáridos, proteínas, etc.)
  - ✓ Integridad de los tejidos
  - ✓ Para frutas y verduras variedad y estado de madurez
  - ✓ Para carne y pollo raza, edad, alimentación, lugar de crianza.

Por lo que debe determinarse experimentalmente para cada caso en particular.

#### 2.2.10. Condiciones del Aire para el deshidratado.

Según SINGH & HELDMAN (2009), el aire es una mezcla de varios gases, cuya composición varía ligeramente en función de la posición geográfica y altitud.

- ✓ **Entalpía del aire seco.** La entalpía o contenido energético del aire seco es un término relativo que necesita la elección de un punto de referencia. En los cálculos psicrométricos la presión de referencia es la atmosférica y la temperatura de referencia es 0° C. Utilizando la presión atmosférica como referencia es posible utilizar la siguiente ecuación para calcular la entalpía específica.

$$Ha = 1,005(Ta - T_0)$$

- ✓ **Temperatura de bulbo Seco.** La temperatura de bulbo seco es la temperatura mostrada por un indicador de temperatura invariable. Dicha temperatura contrasta con la temperatura de bulbo húmedo donde el indicador se mantiene cubierto por una capa de agua.
  
- ✓ **Temperatura de bulbo húmedo.** Cuando se describen las mezclas de aire-vapor se utilizan generalmente dos temperaturas de bulbo húmedo: la temperatura de bulbo húmedo psicrométrica y la temperatura de bulbo húmedo termodinámica. La primera es la que se alcanza cuando el bulbo de un termómetro de mercurio cubierto con un paño húmedo se expone a una corriente de aire sin saturar que fluye a elevadas velocidades, o también, el termómetro con el bulbo cubierto con un paño húmedo puede moverse en el seno del aire sin saturar. En contraste con la temperatura de bulbo húmedo psicrométrico, la temperatura de bulbo húmedo termodinámica se alcanza cuando se satura adiabáticamente aire húmedo mediante la evaporación de agua.

#### 2.2.11. Estimación del Tiempo de Deshidratación de un Producto.

De acuerdo a COLINA (2011) para estimar el tiempo de deshidratación por aire de un producto mediante un deshidratador de cama o banda, deben calcularse por separado las etapas de velocidad constante y velocidad decreciente, y luego sumarlas para obtener el tiempo total de deshidratación.

Según SINGH Y HELDMAN (2009), la eliminación de agua se realizará normalmente en una serie de etapas diferenciadas entre sí por la velocidad de secado. La velocidad de secado (W) se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$W = \frac{S.(X_0 - X_1)}{A.(T_1 - T_0)}$$

Dónde: S = peso de producto seco  
A = Área de Secado

X = Peso del alimento en base seca

T = Intervalo de Tiempo de secado

### 2.2.12. Períodos de Secado

En el proceso de secado por convección se pueden distinguir las siguientes tres fases clásicas, diferenciadas entre sí por la velocidad del secado: una fase inicial de precalentamiento, seguido de otra de velocidad de secado constante y una o más fases de velocidad de secado decreciente.

- **Período de precalentamiento**

Transcurre mientras el producto y el agua en él contenida se calientan ligeramente, hasta alcanzar la temperatura de bulbo húmedo característica del ambiente secante. El producto a secar está al principio frío, su presión de vapor es igualmente baja, por lo tanto la velocidad de transferencia de masa es muy lenta.

- **Período de velocidad constante**

Durante el cual se produce una disminución importante del contenido de agua. La evaporación se efectúa en la superficie del producto a temperatura constante, siendo ésta la del bulbo húmedo del aire.

- **Período de velocidad decreciente**

En esta fase se disminuye la cantidad de agua evaporada del producto, pues está llegando a la humedad de equilibrio o cantidad de agua final que tendrá el producto deshidratado. (Casp, 2010)

### 2.3. Escaldado.

Este tratamiento térmico también conocido como Blanqueo, persigue la inhibición de la actividad enzimática residual de ciertas frutas y verduras, que podría dar

lugar a la alteración nutritiva u organoléptica del producto. El escaldado cumple una serie de objetivos secundarios, que varían según qué proceso se plantee con posterioridad para asegurar la conservación del alimento.

Según BADUI (2012), el escaldado es un precalentamiento casero o industrial que se aplica antes de la congelación, deshidratación o enlatado de vegetales y que sirve para desactivar enzimas, expulsar el aire atrapado en los tejidos (sobre todo los de las hojas), reducir la cuenta microbiana, fijar el color verde y facilitar el acomodo de los productos foliáceos en el envase.

Las enzimas deben eliminarse, de lo contrario, producen pardeamiento en el producto y eliminan la vitamina C. Para BADUI (2012), las verduras se escaldan al sumergirlas en agua en ebullición de 1 a 3 minutos, lo que depende del tamaño y dureza o maduración; inmediatamente se enfrían en agua con hielo para detener las reacciones y con esto evitar una cocción interna.

El escaldado puede llevarse a cabo como operación previa a la deshidratación, a la esterilización de productos envasados o a la congelación, y simultáneamente o no a procesos de preparación de materia prima tales como el pelado o el lavado. El tratamiento es moderado, entre 70 y 100° C, con agua o con vapor de agua.

Según FELLOWS (2007), los dos métodos de escaldado comercialmente más empleados son, o bien mantener durante un tiempo el alimento en una atmósfera de vapor saturado, o bien sumergiéndolo en un baño de agua caliente. Ambos tipos de instalaciones son sencillas y baratas. La cantidad de calor que el alimento recibe durante el escaldado altera inevitablemente su valor nutritivo y características organolépticas. Sin embargo, este tratamiento térmico es menos drástico, como por ejemplo la esterilización, por lo que los cambios que en alimento provoca son menores. Por lo general, la combinación de tiempo y temperatura utilizada para el escaldado se establece como solución de compromiso para, reduciendo al mínimo las pérdidas de flavor, asegurar la adecuada inactivación de las enzimas, sin reblandecer excesivamente el producto.

## CAPÍTULO III

### Materiales y Métodos.

#### 3.1. Caracterización del Área de Estudio.

La presente investigación se realizó en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería de ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Técnica del Norte (Unidades Edu-productivas de la escuela de Ingeniería Agroindustrial).

##### Ubicación.

Provincia:	Imbabura
Cantón:	Ibarra
Parroquia:	El Sagrario
Lugar:	Unidades Productivas de Agroindustrias – FICAYA – UTN
Temperatura:	Promedio 18 ° C
Altitud:	2250 m.s.n.m.
Humedad relativa:	73% (promedia)

**Fuente:** “Departamento de Meteorología de la Dirección Nacional de Aviación Civil - DAC”

#### 3.2. Materiales y Equipos.

##### 3.2.1. Materia Prima

- Pitahaya “Hylocereus undatus”.

### **3.2.2. Instrumentos o Materiales**

- Bandejas Plásticas de capacidad de 1 Lt
- Mesa de clasificación
- Balanza (Analítica)
- Balanza (Romana)
- Pulpatador
- Refractómetro manual (0 – 30°B)
- Marmita
- Termómetro
- pH metro
- Estufa
- Cuchillo
- Espátula de cocina
- Cronómetro

### **3.2.3. Equipos**

- Secador de Armario capacidad de 30 bandejas, cada una de 0,25 m<sup>2</sup> de área. Con regulador de tiempo, temperatura y velocidad de aire, con temperatura máxima de 80° C. Calentamiento a través de resistencias eléctricas.

### **3.2.4. Insumos**

- Agua
- Cloro líquido
- Papel Encerado
- Etiquetas
- Fundas de polietileno de alta densidad
- Láminas de Papel de Arroz

### 3.3. Métodos

#### 3.3.1. Factores en Estudio

**Factor A:** Grado de madurez de Pitahaya.

A1: Pintona (75% de Madurez).

A2: Madura (100% de Madurez).

**Factor B:** Temperatura en el interior del secador expresado en grados centígrados ( $^{\circ}$  C).

B1:  $45^{\circ}$  C.

B2:  $60^{\circ}$  C.

**Factor C:** Velocidad de aire en el secador, expresado en metros por segundo (m/s).

C1: 2,5 m/s.

C2: 4 m/s.

#### 3.3.2. Tratamientos

La combinación de los factores a estudiar A, B y C (grado de madurez de la fruta, temperatura en el interior del secador y velocidad del aire) proporciono 8 tratamientos a evaluar, los cuales se detallan a continuación:

**Cuadro 3: Tratamientos en estudio**

TRAT.	MADUR	TEMP	VELOC.	COMBINACIONES	DESCRIPCIÓN
T1	A1	B1	C1	A1B1C1	Pitahaya Pintona, Temp $45^{\circ}$ C, velocidad 2,5 m/s
T2	A1	B1	C2	A1B1C2	Pitahaya Pintona, Temp $45^{\circ}$ C, velocidad 4 m/s
T3	A1	B2	C1	A1B2C1	Pitahaya Pintona, Temp $60^{\circ}$ C, velocidad 2,5 m/s
T4	A1	B2	C2	A1B2C2	Pitahaya Pintona, Temp $60^{\circ}$ C, velocidad 4 m/s
T5	A2	B1	C1	A2B1C1	Pitahaya Madura, Temp $45^{\circ}$ C, velocidad 2,5 m/s
T6	A2	B1	C2	A2B1C2	Pitahaya Madura, Temp $45^{\circ}$ C, velocidad 4 m/s
T7	A2	B2	C1	A2B2C1	Pitahaya Madura, Temp $60^{\circ}$ C, velocidad 2,5 m/s
T8	A2	B2	C2	A2B2C2	Pitahaya Madura, Temp $60^{\circ}$ C, velocidad 4 m/s

Fuente: Autor.

### 3.3.3. Diseño Experimental

Se empleó un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial: A x B x C.

### 3.3.4. Características del experimento:

Número de Tratamientos: ocho (8)

Número de Repeticiones: tres (3)

Número de unidades experimentales: veinte y cuatro (24)

### 3.3.5. Unidad experimental.

La unidad experimental estuvo compuesta por 520 g de pulpa de Pitahaya “*Hylocereus undatus*”, con 4 mm de espesor y 82,7 % de humedad inicial

### 3.3.6. Análisis de Varianza.

**Cuadro 4: Esquema del ADEVA**

F.V.	G.L.
Total	23
Tratamientos	7
FA (Grado de madurez de Pitahaya)	1
FB (Temperatura en el interior del secador)	1
FC (Velocidad de aire en el secador (m/s))	1
I (AxB)	1
I (AxC)	1
I (BxC)	1
I (AxBxC)	1
ERROR EXP.	16

Fuente: Autor

### 3.3.7. Análisis Funcional

**Tratamientos:** Tukey al 5%

**Factores:** DMS (Diferencia mínima significativa)

**Variables no paramétricas:** Friedman al 5%

### 3.3.8. Variables Evaluadas:

#### 3.3.8.1. Variables cuantitativas:

Fueron determinadas en el Laboratorio de Uso Múltiple de la Facultad de ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Técnica del Norte.

#### 1. En materia prima: Pitahaya "*Hylocereus undatus*".

- **Peso:** Se determinó el peso de la pulpa que se colocó en cada bandeja, con la ayuda de una balanza gramera para conocer la cantidad exacta de pulpa al inicio del proceso de deshidratación y poder realizar un control de pérdida de peso durante el tiempo en el proceso.
- **pH:** este factor indica la concentración de iones hidrógeno de una solución, determinamos el pH en la pulpa con ayuda de un potenciómetro al inicio y al final del proceso.
- **Sólidos solubles (° Brix):** La determinación de los grados brix se realizó para poder conocer los sólidos solubles en la pulpa al inicio del proceso de deshidratación con la ayuda de un refractómetro manual.
- **Humedad:** Es la cantidad de agua que se encuentra en un cuerpo o solución. La determinación de la humedad en la pulpa se la hizo

con el fin de conocer la cantidad de agua que contiene la pulpa al inicio del proceso y se determinó con la ayuda de una balanza infrarroja.

- **Tiempo:** Se registró la medida de tiempo inicial y durante el proceso con la ayuda de un cronómetro.

## 2. En el producto final: Láminas deshidratadas de Pulpa de Pitahaya

- **Peso:** Con la ayuda de una balanza analítica se determinó el peso de las láminas deshidratadas una vez culminado el proceso de deshidratación, con este dato podemos obtener el rendimiento en peso del producto.
- **pH:** Se determinó el pH final de las láminas deshidratadas con la ayuda de un pH Metro en el laboratorio de la facultad.
- **Sólidos solubles (° Brix):** La determinación de los grados Brix se realizó para conocer los sólidos solubles finales de las láminas deshidratadas con la ayuda de un refractómetro manual en los laboratorios.
- **Humedad:** La determinación de humedad se la realizó con el objetivo de conocer la cantidad en porcentaje de agua que se encuentra presente en el producto final, esta medición se la realizó con la ayuda de una balanza infrarroja en cada una de las unidades experimentales. Además se registró las mediciones de peso durante el proceso de deshidratación cada 30 minutos para poder determinar las curvas de secado hasta llegar a humedad constante.
- **Tiempo:** Se tomó la medida del tiempo final de cada proceso de deshidratación de las láminas utilizando un reloj.

### 3.3.8.2. Variables cualitativas:

Las variables cualitativas analizadas fueron olor, color, sabor y textura, con la finalidad de conocer el grado de aceptabilidad del producto de cada uno de los tratamientos.

El análisis sensorial se realizó a los cuatro mejores tratamientos, según los resultados de las variables cuantitativas, con un panel de 10 degustadores, conformado por estudiantes de la escuela de ingeniería agroindustrial, utilizando hojas de fichas de encuesta diseñadas para el efecto.

Para la evaluación de los datos registrados, se aplicó la prueba no paramétrica de Friedman:

$$\chi^2 = \frac{12}{r \times t(t + 1)} \frac{\sum R^2 - 3r(t + 1)}{t(t + 1)}$$

**Dónde:**

r = Numero de degustadores.

t = Tratamientos.

$\sum R^2$  = Sumatoria de rangos al cuadrado.

### 3.3.8.3. Análisis de Laboratorio:

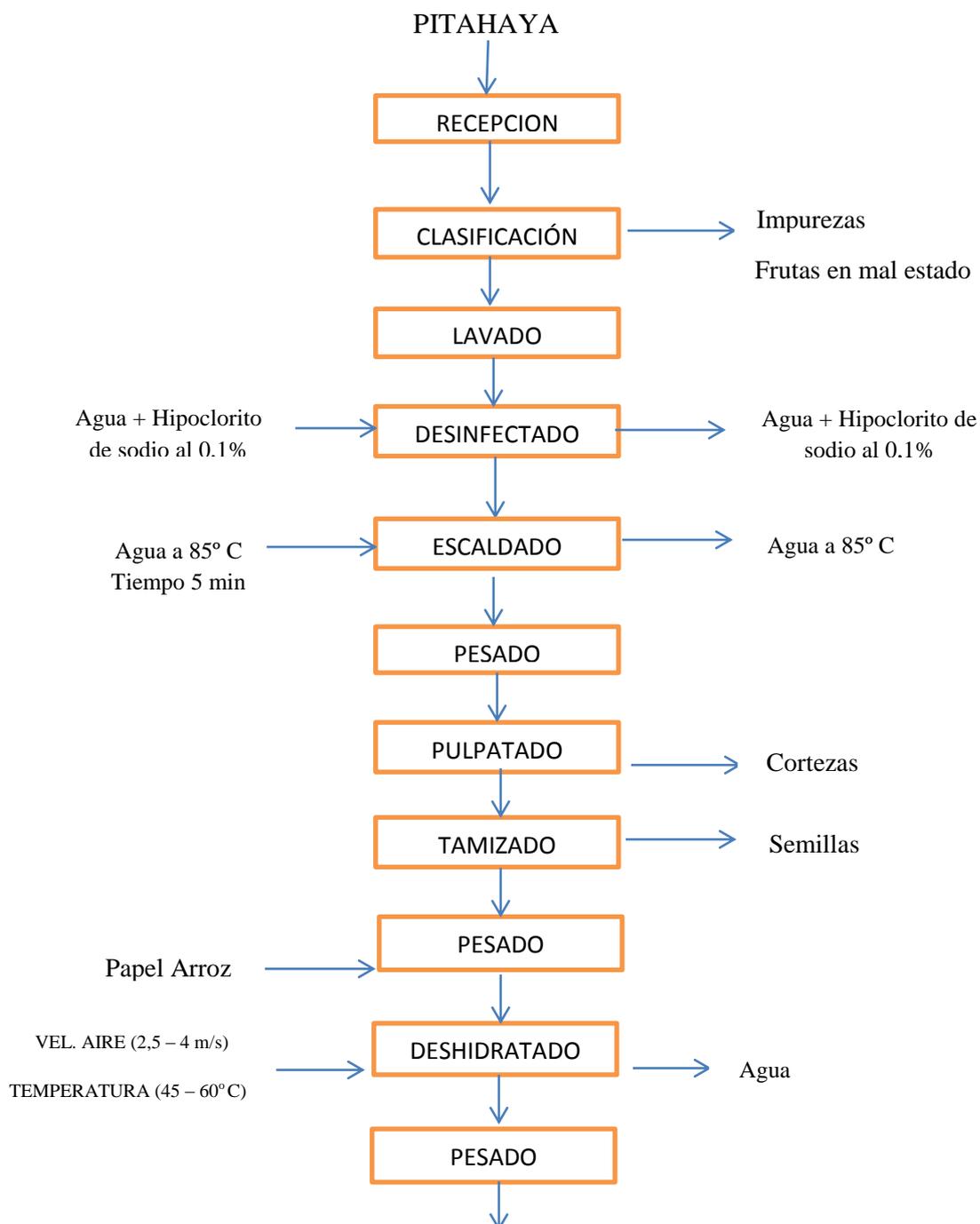
Se realizó además análisis microbiológicos a los mejores cuatro tratamientos obtenidos anteriormente, dichos análisis son los siguientes:

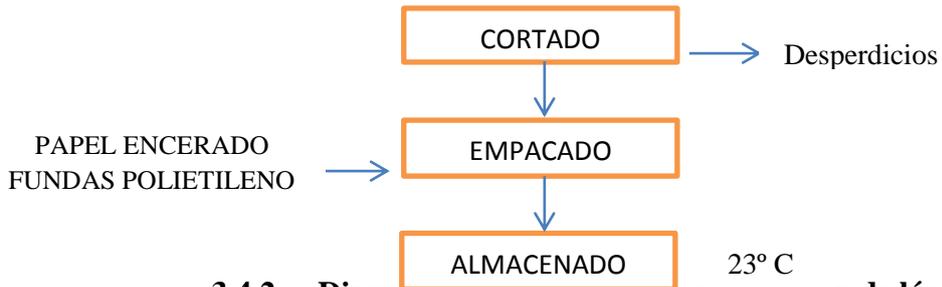
- Recuento de Coliformes totales.
- Análisis de Mohos.
- Análisis de Levaduras.
- Análisis de E. Coli.

### 3.4. Manejo Específico del Experimento.

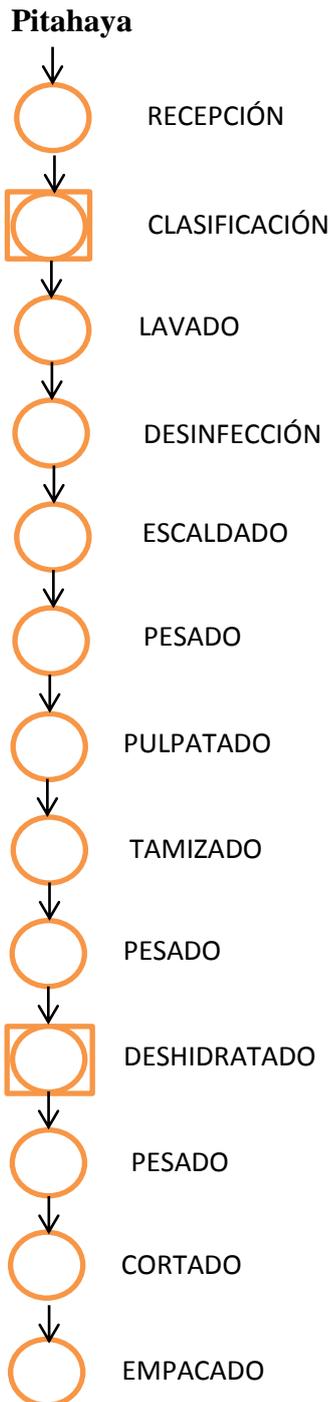
Para la obtención de las láminas Deshidratadas de Pulpa de Pitahaya se aplicó los siguientes diagramas de proceso.

#### 3.4.1. Diagrama de bloques para la elaboración de láminas deshidratadas con pulpa de pitahaya.





**3.4.2. Diagrama de flujo para la elaboración de láminas deshidratadas de pulpa de Pitahaya.**





### 3.4.3. Descripción del Proceso.

A continuación se detalla cada operación que se realizó en el proceso de obtención de láminas deshidratadas a partir de pulpa de Pitahaya.

**Recepción.-** La materia prima, proveniente de Pedro Vicente Maldonado – Pichincha, se recibió en los laboratorios de las unidades edu-productivas de la facultad, del ecotipo Pichincha, en gavetas plásticas de capacidad de 10 Kg de fruta para evitar su deterioro.



**Foto 1:** Recepción de la Pitahaya

**Clasificación.-** Se realizó la clasificación de manera manual, depositando la fruta recibida en una mesa, con la finalidad de separar impurezas presentes en las mismas y alguna fruta golpeada o en mal estado debido al transporte. Además se tomó en cuenta los dos estados de madurez a estudiar, seleccionando las frutas en ambos estados y separando aquellas que no se cumplan con ninguno de los dos parámetros.



**Fotos 2 y 3: Clasificado de la fruta**

. **Lavado.-** Se procedió a lavar la fruta con agua, para eliminar polvos y aquellas impurezas superficiales que se hayan quedado adheridas a la fruta.



**Foto 4: Fruta Lavada**

**Desinfectado.-** Se introdujo la fruta lavada en una tina plástica que contenía agua con cloro líquido al 0,5 % de concentración. Se eliminó las impurezas presentes en la corteza y se inhibió la presencia de microorganismos en la fruta, evitando así la contaminación cruzada al momento de obtener la pulpa.



**Foto 5: Desinfección de la fruta**

**Escaldado.-** Se utilizó la operación de escaldado introduciendo las frutas en un recipiente que contenía agua a 85° C por el lapso de 5 minutos, con la finalidad de inhibir enzimas y evitar el pardeamiento de las láminas durante el secado.



**Foto 6: Fruta lista para ser escaldada**

**Pesado.-** Se registró el peso de la fruta escaldada para determinar la cantidad de fruta que ingresa al proceso y así determinar el rendimiento del producto deshidratado.



**Foto 7: Pesaje de la Fruta**

**Pulpatado.-** Se procedió a separar la pulpa de la cáscara de manera manual y con la ayuda de un cuchillo, para inmediatamente proceder a la extracción de la pulpa.



**Foto 8: Corteza de Pitahaya despulpada**



**Tamizado.-** Una vez extraída la pulpa se sometió al tamizado con la finalidad de separar las semillas de ésta, así obtener una pulpa con la menor cantidad de semillas para la deshidratación.



**Foto 11 Tamizado y separación de la semilla**

**Pesado.-** Una vez obtenida la pulpa para deshidratar se distribuyó sobre la bandeja correspondiente, a la cual previamente se cubrió con papel de arroz que servirá como base soporte de la lámina de producto final, se pesó la cantidad exacta de 520 g de pulpa para obtener los 4mm de espesor en la

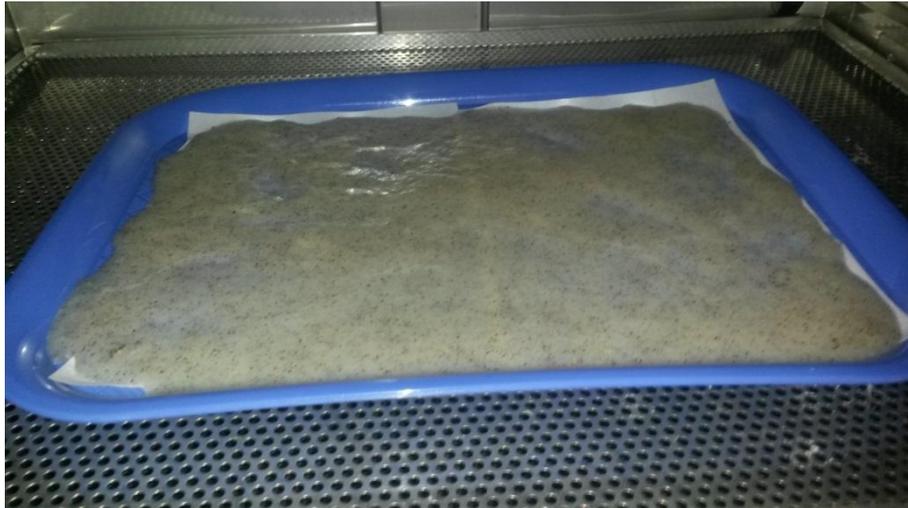
bandeja. Además se realizó el pesaje de la cáscara y la semilla separada en las operaciones anteriores, con la finalidad de obtener el rendimiento en producto.



**Foto 12** Peso de la pulpa



**Foto 13:** Peso de pulpa sobre la bandeja



**Foto 14: Pulpa dispersa en la bandeja**

**Deshidratado.-** La pulpa distribuida en la bandeja fue colocada dentro del deshidratador y se estableció las condiciones de proceso correspondiente a cada tratamiento: temperatura de secado (45 y 60° C) y velocidad de aire dentro del deshidratador (2,5 y 4 m/s) dependiendo del tratamiento que se procesó.



**Foto 15: Deshidratador de Bandejas**



**Foto 16: Bandejas dispuestas en el Deshidratador**

**Pesado.-** Se tomó los pesos de las bandejas en una balanza analítica en intervalos de tiempo de 30 minutos durante el proceso de secado hasta llegar a un peso constante, el cuál será el peso final de las bandejas con el producto.



**Foto 17: Pulpa deshidratada y pesada**

**Cortado.-** Se procedió a realizar el corte de las láminas con la ayuda de un cuchillo, en las dimensiones finales de 2 cm de ancho por 4 cm de largo y 0,5 mm de espesor.



**Foto 18: Separación de la lámina con la bandeja**



**Foto 19: Cortes longitudinales en la lámina**



**Foto 20: Láminas listas para su empaque**

**Empacado.-** Se lo realizó de manera manual, envolviendo las láminas inicialmente en papel encerado formando grupos de 6 y 12 láminas, para luego ser empacadas y selladas en fundas de polietileno de alta densidad.



**Foto 21: Empaque de Láminas deshidratadas de Pitahaya**



**Foto 22: Láminas empacadas**

**Almacenado.-** Este producto se almacenó en un lugar oscuro y seco a temperatura ambiente (18° C) para evitar su deterioro y realizar los análisis respectivos.



**Foto 23: Láminas de Pitahaya listas para su almacenamiento**

## CAPÍTULO IV

### Resultados y Discusión.

En el presente trabajo de investigación “Obtención de láminas deshidratadas a partir de pulpa de Pitahaya *hylocereus undatus*”, se dan a conocer los resultados obtenidos.

#### 4.1. Determinación de las Variables Evaluadas.

La determinación de las variables cuantitativas fue realizada en el Laboratorio de Uso Múltiple de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Las variables fueron evaluadas tanto en la materia prima como en el producto final.

**Cuadro 5: Variables Cuantitativas de la materia prima**

PITAHAYA PINTONA		PITAHAYA MADURA	
VARIABLES	CANTIDAD	VARIABLES	CANTIDAD
Humedad	83%	Humedad	83%
pH	4,3	pH	4,5
° Brix	16,5	° Brix	18
Peso	520 g	Peso	520 g

**Fuente:** Laboratorio de Uso Múltiple (2015)

El pH y los grados Brix de la pulpa, tanto pintona como madura, fueron evaluados según la norma INEN 2003. 2005. Entre ambos grados de madurez existe una mínima diferencia en su humedad, Brix y pH, donde la madurez comercial de la pitahaya a ser procesada se determinó de acuerdo al grado de coloración amarillenta que presenta su corteza, siendo más recomendada la fruta madura al 100 % de coloración amarillenta, debido a que la fruta pintona es utilizada generalmente para su exportación según ACRES (2011). La fruta madura al 100% no califica para exportación y se destina para el consumo interno directo, pudiendo ser aprovechada para su industrialización.

#### 4.2. Peso de las Láminas Deshidratadas de Pulpa de Pitahaya al final del proceso.

Para registrar el peso en función del tiempo de secado, se pesó inicialmente 520 g de pulpa de pitahaya y se distribuyó sobre la bandeja plástica, en la cual se dispuso previamente dos láminas de papel arroz. Se colocaron dentro del deshidratador de bandejas y posteriormente se fue tomando el peso cada 30 minutos hasta obtener un peso constante. Según CASTRO (2011) se debe tomar mediciones de peso en rangos de tiempo determinados por el autor para poder realizar los diversos cálculos de humedad del producto y velocidad de deshidratación

A continuación se detallan los valores medidos al final del proceso de deshidratación:

**Cuadro 6: Peso (g) de las láminas al final del proceso**

	TRAT/REPT.	I	II	III	SUMA	MEDIA
T1	A1B1C1	100	100	100	300,00	100,00
T2	A1B1C2	95	100	105	300,00	100,00
T3	A1B2C1	95	100	100	295,00	98,33
T4	A1B2C2	90	90	90	270,00	90,00
T5	A2B1C1	95	105	95	295,00	98,33
T6	A2B1C2	105	105	105	315,00	105,00
T7	A2B2C1	90	90	90	270,00	90,00
T8	A2B2C2	100	100	95	295,00	98,33
	<b>TOTAL</b>	<b>770,00</b>	<b>790,00</b>	<b>780,00</b>	<b>2340,00</b>	<b>97,50</b>

**Cuadro 7: Análisis de Varianza**

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	F.T 1%	F. 5%	Signif.
Total	23	700,000					
Tratamientos	7	550,000	78,571	8,381	4,03	2,66	**
FA (Grado de madurez de Pitahaya)	1	4,167	4,167	0,444	8,53	4,49	NS
FB (Temperatura en el interior del secador)	1	266,667	266,667	28,444	8,53	4,49	**
FC (Velocidad de aire en el secador (m/s))	1	16,667	16,667	1,778	8,53	4,49	NS
I (AxB)	1	4,167	4,167	0,444	8,53	4,49	NS
I (AxC)	1	204,167	204,167	21,778	8,53	4,49	**
I (BxC)	1	16,667	16,667	1,778	8,53	4,49	NS
I (AxBxC)	1	37,500	37,500	4,000	8,53	4,49	NS
ERROR EXP.	16	150,000	9,375				

**C V = 3,14%**

**CV:** 3,14 %

**\*\*:** Alta significancia

**\*:** Significancia

**NS:** No significancia

El análisis de varianza permite apreciar una diferencia estadística altamente significativa ( $p < 0,01$ ) para tratamientos, para el factor B (Temperatura en el interior del secador) y para la interacción A x C, es decir que la temperatura de secado tiene un efecto significativo sobre el peso del producto deshidratado.

Al existir significación estadística entre los tratamientos, se realizó las pruebas de Tukey ( $\alpha < 0,05$ ) para tratamientos, DMS para el factor B (Temperatura de secado) e Interacción gráfica para la interacción A x C.

**Cuadro 8: Prueba de Tukey ( $\alpha < 0,05$ )**

TRATAMIENTOS		MEDIAS (g)	RANGOS
T6	A2B1C2	105,00	a
T1	A1B1C1	100,00	a
T2	A1B1C2	100,00	a
T3	A1B2C1	98,33	a
T5	A2B1C1	98,33	a
T8	A2B2C2	98,33	a
T4	A1B2C2	90,00	b
T7	A2B2C1	90,00	b

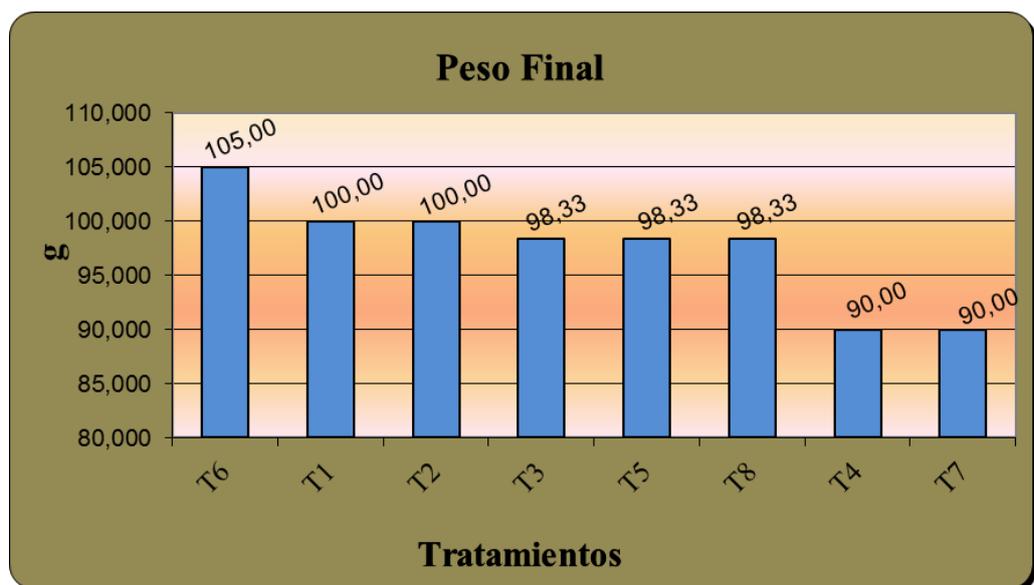
En el cuadro de Tukey ( $\alpha < 0,05$ ) en los tratamientos se puede observar que **T6, T1, T2, T3, T5, T8** poseen rango a. es decir que entre los tratamientos contenidos en este rango únicamente existe diferencia matemática en sus medias calculadas.

**Cuadro 9: Prueba DMS para el factor B (Temperatura de secado)**

FACTOR B	MEDIAS	RANGOS
<b>B1</b>	100,833	<b>a</b>
<b>B2</b>	94,167	<b>b</b>

Al realizar la prueba de DMS para el factor B se concluye que **B1** ( temperatura de secado 45° C) es el mejor nivel, ya que presenta mayor rendimiento en peso con relación al nivel **B2**. Por la tanto, se puede decir que el peso del producto terminado depende de la temperatura de secador.

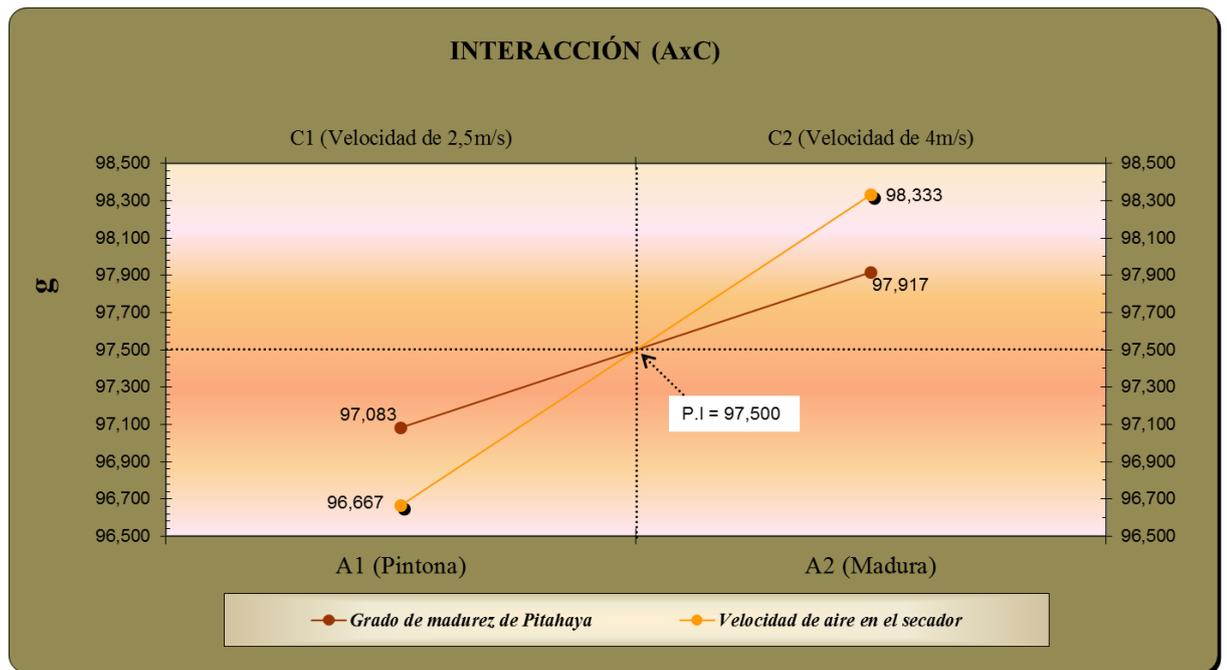
**Gráfico 2: Representación gráfica de la variable peso (g) de las láminas deshidratadas de pulpa de Pitahaya al final del proceso.**



En el gráfico anterior se puede apreciar que **T6, T1, T2, T3, T5, T8** son los tratamientos que mayor rendimiento en peso presentan en el producto terminado,

siendo T6 (fruta madura, temperatura de secado 45° C y velocidad de aire 4m/s) el más destacado entre éstos.

**Gráfico 3: Interacción entre los factores A (grado de madurez de la fruta) y C (velocidad de aire en el interior del secador) en la variable peso de las láminas deshidratadas de Pulpa de Pitahaya**



En el gráfico de interacción se puede observar que el punto crítico de la interacción entre los factores A (grado de madurez de la fruta) y C (velocidad de aire en el secador) en la variable peso del producto terminado es 97,5 g. Es decir, que este valor interactúa directamente entre el grado de madurez (pitahaya madura) y la velocidad de secado (4 m/s), lo cual significa que el peso óptimo final de 97,5 g de láminas deshidratadas de pulpa de pitahaya se puede obtener con la fruta en grado de madurez madura y velocidad de aire de 4 m/s.

#### **4.3. Potencial Hidrógeno (pH) de las Láminas Deshidratadas de Pulpa de Pitahaya al final del proceso.**

La determinación de los valores de potencial hidrógeno (pH) de las láminas deshidratadas de pulpa de pitahaya para cada unidad experimental se realizó en el Laboratorio de Uso Múltiple de la Facultad de Ingeniería en Ciencias

Agropecuarias y Ambientales. Estos valores fueron comparados con los valores de pH que debe tener la fruta original según norma INEN 2003, a partir de los cuales no debe existir una variación radical de los mismos.

A continuación se detallan los valores obtenidos para la variable pH en las láminas deshidratadas.

**Cuadro 10: Potencial Hidrógeno (pH) de las láminas deshidratadas al final del proceso.**

TRAT/REPT.		I	II	III	SUMA	MEDIA
T1	A1B1C1	4,92	4,96	5	14,88	4,96
T2	A1B1C2	4,94	5	4,98	14,92	4,97
T3	A1B2C1	4,89	4,94	4,94	14,77	4,92
T4	A1B2C2	5,02	4,98	5,09	15,09	5,03
T5	A2B1C1	5	4,92	4,96	14,88	4,96
T6	A2B1C2	4,94	4,92	4,82	14,68	4,89
T7	A2B2C1	4,94	5,02	4,92	14,88	4,96
T8	A2B2C2	5,01	5,02	4,89	14,92	4,97
TOTAL		39,66	39,76	39,60	119,02	4,96

**Cuadro 11: Análisis de Varianza.**

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	F.T 1%	F. 5%	Signif.
Total	23	0,074					
Tratamientos	7	0,033	0,005	1,871	4,03	2,66	NS
FA (Grado de madurez de Pitahaya)	1	0,004	0,004	1,483	8,53	4,49	NS
FB (Temperatura en el interior del secador)	1	0,004	0,004	1,483	8,53	4,49	NS
FC (Velocidad de aire en el secador (m/s))	1	0,002	0,002	0,659	8,53	4,49	NS
I (AxB)	1	0,001	0,001	0,534	8,53	4,49	NS
I (AxC)	1	0,011	0,011	4,455	8,53	4,49	NS
I (BxC)	1	0,011	0,011	4,455	8,53	4,49	NS
I (AxBxC)	1	0,000	0,000	0,026	8,53	4,49	NS
ERROR EXP.	16	0,040	0,003				
CV=		1,014					

CV: 1,014 %

\*\* : Alta significancia

\* : Significancia

NS: No significancia

Al realizar el análisis de varianza se puede apreciar que no existe diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0,05$ ) entre los factores y los tratamientos, esto significa que la combinación de los factores **A** (grado de madurez de la Pitahaya) **B** (temperatura de secado) y **C** (Velocidad de aire dentro del secador) no afectan en el potencial hidrógeno del producto final para los tratamientos y cada uno de los factores.

#### 4.4. Sólidos Solubles (° Brix) de las Láminas Deshidratadas al final del proceso.

La determinación de los sólidos solubles (° Brix) de las láminas deshidratadas se realizó sin un rango comparativo al no existir norma INEN que especifique los rangos de grados Brix que deben tener los productos deshidratados.

**Cuadro 12: Sólidos solubles (° Brix) de las láminas deshidratadas al final del proceso.**

TRAT/REPT.		I	II	III	SUMA	MEDIA
T1	A1B1C1	79,2	78,4	80	237,60	79,20
T2	A1B1C2	76,22	90,4	74,46	241,08	80,36
T3	A1B2C1	78,33	86,4	78,4	243,13	81,04
T4	A1B2C2	79,53	78,3	81,9	239,73	79,91
T5	A2B1C1	79,22	80,5	78,4	238,12	79,37
T6	A2B1C2	81	78,27	75,1	234,37	78,12
T7	A2B2C1	80,9	78,8	79,53	239,23	79,74
T8	A2B2C2	80	81,61	80,9	242,51	80,84
TOTAL		634,40	652,68	628,69	1915,77	79,82

**Cuadro 13: Análisis de Varianza.**

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	F.T 1%	F. 5%	Signif.
Total	23	245,919					
Tratamientos	7	18,895	2,699	0,190	4,03	2,66	NS
FA (Grado de madurez de Pitahaya)	1	2,227	2,227	0,157	8,53	4,49	NS
FB (Temperatura en el interior del secador)	1	7,515	7,515	0,530	8,53	4,49	NS
FC (Velocidad de aire en el secador (m/s))	1	0,006	0,006	0,000	8,53	4,49	NS
I (Ax B)	1	1,071	1,071	0,075	8,53	4,49	NS
I (Ax C)	1	0,013	0,013	0,001	8,53	4,49	NS
I (Bx C)	1	0,001	0,001	0,000	8,53	4,49	NS
I (Ax Bx C)	1	8,062	8,062	0,568	8,53	4,49	NS
ERROR EXP.	16	227,02	14,189			55	
	CV=	4,72					

**CV:** 1,014 %

**\*\*:** Alta significancia

**\***: Significancia

**NS:** No significancia

Al realizar el análisis de varianza se puede apreciar que no existe diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0,05$ ) entre los factores y los tratamientos, esto significa que la combinación de los factores **A** (grado de madurez de la Pitahaya) **B** (temperatura de secado) y **C** (Velocidad de aire dentro del secador) no presentan una significación estadística entre los sólidos solubles del producto final.

#### **4.5. HUMEDAD EN LAS LÁMINAS DESHIDRATADAS DE PULPA DE PITAHAYA AL FINAL DEL PROCESO.**

La determinación de humedad en las láminas deshidratadas se realizó con la ayuda de una balanza infrarroja. Los resultados fueron comparados con la norma INEN 2996, tomando los límites de humedad del zapallo y la uvilla, según los cuales las humedades obtenidas se encuentran dentro de los límites establecidos en dicha norma. En el siguiente cuadro se detallan los valores obtenidos de humedad en el producto final.

**Cuadro 14: Humedad (%) de las láminas al final del proceso**

TRAT/REPT.		I	II	III	SUMA	MEDIA
T1	A1B1C1	5,5	5,1	5	15,60	5,20
T2	A1B1C2	5,05	6,01	4,96	16,02	5,34
T3	A1B2C1	3,96	3,96	4,01	11,93	3,98
T4	A1B2C2	4	4	4	12,00	4,00
T5	A2B1C1	6,3	6	6,5	18,80	6,27
T6	A2B1C2	7,04	6,9	6,97	20,91	6,97
T7	A2B2C1	3,96	3,96	4,01	11,93	3,98
T8	A2B2C2	4	4	4	12,00	4,00
TOTAL		39,81	39,93	39,45	119,19	4,97

**Cuadro 15: Análisis de Varianza.**

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	F.T 1%	F. 5%	Signif.
<b>Total</b>	23	30,136					
<b>Tratamientos</b>	7	29,179	4,168	69,676	4,03	2,66	**
<b>FA (Grado de madurez de Pitahaya)</b>	1	2,727	2,727	45,583	8,53	4,49	**
<b>FB (Temperatura en el interior del secador)</b>	1	22,952	22,952	383,647	8,53	4,49	**
<b>FC (Velocidad de aire en el secador (m/s))</b>	1	0,297	0,297	4,965	8,53	4,49	*
<b>I (AxB)</b>	1	2,727	2,727	45,583	8,53	4,49	**
<b>I (AxC)</b>	1	0,119	0,119	1,989	8,53	4,49	NS
<b>I (BxC)</b>	1	0,238	0,238	3,978	8,53	4,49	NS
<b>I (AxBxC)</b>	1	0,119	0,119	1,989	8,53	4,49	NS
<b>ERROR EXP.</b>	16	0,9572	0,0598				
	CV=	4,93					

**CV:** 4,93 %

**\*\*:** Alta significancia

**\*:** Significancia

**NS:** No significancia

Al realizar el análisis de varianza se puede apreciar una diferencia altamente significativa ( $p < 0,01$ ) para tratamientos, para el factor A (Grado de madurez de la pitahaya), factor B (Temperatura en el interior del secador) y para la combinación A x B, y significación ( $p < 0,05$ ) para el factor C (velocidad de aire en el secador), es decir que la humedad del producto final depende del grado de madurez de la fruta y de la temperatura en el interior del secador, y en menor escala de la velocidad del aire dentro del secador.

Al existir significación estadística se realizó las pruebas de Tukey ( $\alpha < 0,05$ ) para tratamientos, DMS para el factor A (Grado de madurez), B (Temperatura de secado) y C (velocidad de aire en el secador), e Interacción gráfica para la combinación A x B.

**Cuadro 16: Prueba de Tukey ( $\alpha < 0,05$ ) para tratamientos.**

TRATAMIENTOS		MEDIAS	RANGOS
T6	A2B1C2	6,970	a
T5	A2B1C1	6,267	b
T2	A1B1C2	5,340	c
T1	A1B1C1	5,200	c
T4	A1B2C2	4,000	d
T8	A2B2C2	4,000	d
T3	A1B2C1	3,977	d
T7	A2B2C1	3,977	d

En el cuadro de prueba de Tukey ( $\alpha < 0,05$ ) para los tratamientos se observa que dichos tratamientos presentan rangos diferentes, es decir que existe entre los tratamientos diferencia estadística entre las medias calculadas.

**Cuadro 17: Prueba DMS para el factor A (grado de madurez).**

FACTOR A	MEDIAS	RANGOS
A2	5,3033	a
A1	4,6292	b

Al realizar la prueba de DMS para el factor A se puede concluir que A2 (fruta madura) es el mejor nivel, es decir, que la humedad el producto terminado depende del grado de madurez de la fruta.

**Cuadro 18: Prueba Diferencia Mínima Significativa: factor B (temperatura de secado)**

FACTOR B	MEDIAS	RANGOS
B1	5,944	a
B2	3,988	b

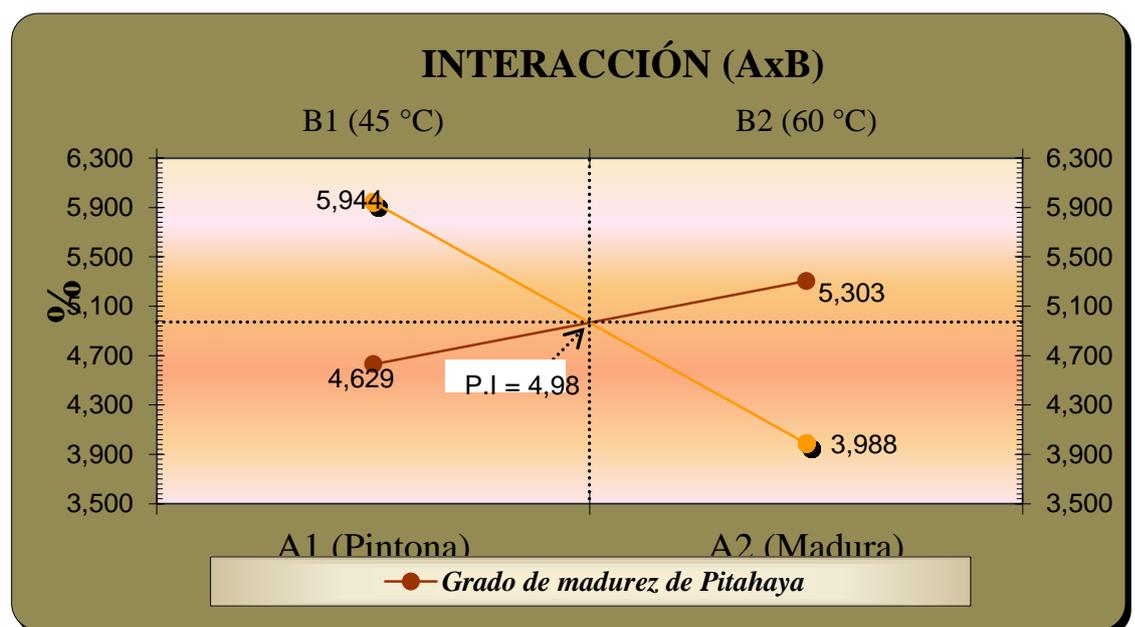
Al realizar la prueba de DMS para el factor B se determina que B2 (temperatura 60° C) es el mejor nivel, es decir, que la humedad el producto final depende de la temperatura dentro del deshidratador siendo inversamente proporcional, es decir, a mayor temperatura de deshidratado menor humedad final del producto.

**Cuadro 19: Prueba DMS para el factor C (velocidad de aire)**

FACTOR C	MEDIAS	RANGOS
C2	5,078	a
C1	4,855	b

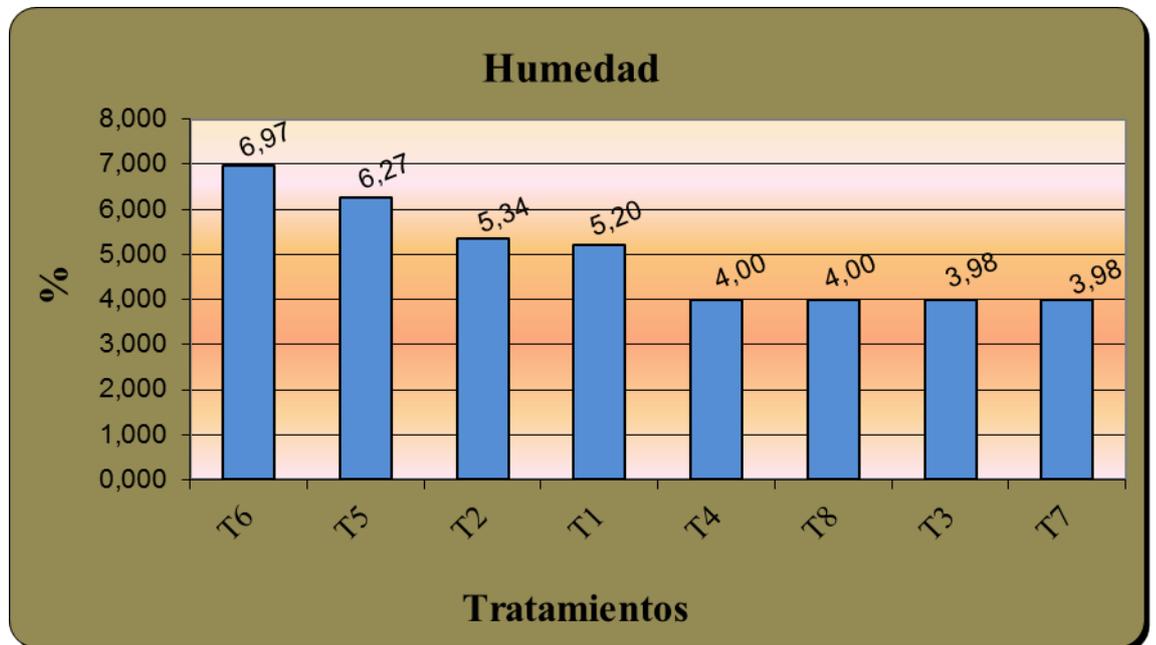
Al realizar la prueba de DMS para el factor C se concluye que C1 (velocidad de aire 2,5 m/s) es el mejor nivel, es decir, que la humedad del producto terminado depende de la velocidad del aire dentro del deshidratador. A menor velocidad de aire menor humedad final del producto.

**Gráfico 4: Interacción entre los factores A (grado de madurez de la fruta) y B (temperatura en el interior del secador) en la variable humedad de las láminas deshidratadas de Pulpa de Pitahaya**



En el gráfico de interacción se identifica el punto crítico de la interacción entre los factores **A** (grado de madurez de la fruta) y **B** (temperatura en el interior del secador) en la variable humedad del producto terminado es 4,98. Es decir, que el valor de umedad óptima es 4,98 %, el cual interactúa directamente entre el grado de madurez (pitahaya pintona) y la temperatura en el secador (45° C).

**Gráfico 5: Representación gráfica de la variable humedad (%) de las láminas deshidratadas de pulpa de Pitahaya al final del proceso.**



En el gráfico anterior se puede apreciar que **T7**, **T3**, **T8**, **T4**, son los tratamientos que menor porcentaje de humedad presentan en el producto terminado, siendo **T7**, **T3** y **T8** los mejores tratamientos por su menor porcentaje de humedad.

#### **4.6. Tiempo de Secado en las Láminas Deshidratadas al final del proceso.**

La variable tiempo de secado se obtuvo con el registro periódico de los pesos durante el proceso de deshidratación, hasta llegar al peso constante que nos asegure el final del proceso, obteniendo el tiempo final. Según CASTRO (2011),

se registra periódicamente el peso de las bandejas hasta obtener un peso constante que señale el final del proceso de deshidratación.

En el siguiente cuadro se detallan los valores obtenidos de la variable tiempo en el producto terminado.

**Cuadro 20: Tiempo (h) al final del proceso de las láminas**

TRAT/REPT.		I	II	III	SUMA	MEDIA
T1	A1B1C1	10,00	11,00	10,50	31,50	10,50
T2	A1B1C2	10,00	11,00	11,00	32,00	10,67
T3	A1B2C1	8,00	8,50	8,50	25,00	8,33
T4	A1B2C2	7,50	8,50	8,50	24,50	8,17
T5	A2B1C1	10,50	11,00	10,50	32,00	10,67
T6	A2B1C2	11,00	11,00	10,00	32,00	10,67
T7	A2B2C1	8,50	8,50	9,00	26,00	8,67
T8	A2B2C2	7,50	8,00	8,00	23,50	7,83
TOTAL		73,00	77,50	76,00	226,50	9,44

deshidratadas.

**Cuadro 21: Análisis de Varianza.**

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	F.T 1%	F. 5%	Signif.
Total	23	38,156					
Tratamientos	7	34,990	4,999	25,256	4,03	2,66	**
FA (Grado de madurez de Pitahaya)	1	0,010	0,010	0,053	8,53	4,49	NS
FB (Temperatura en el interior del secador)	1	33,844	33,844	171,000	8,53	4,49	**
FC (Velocidad de aire en el secador (m/s))	1	0,260	0,260	1,316	8,53	4,49	NS
I (AxB)	1	0,010	0,010	0,053	8,53	4,49	NS
I (AxC)	1	0,260	0,260	1,316	8,53	4,49	NS
I (BxC)	1	0,510	0,510	2,579	8,53	4,49	NS
I (AxBxC)	1	0,094	0,094	0,474	8,53	4,49	NS
ERROR EXP.	16	3,1667	0,1979				
	CV=	4,71					

CV: 4,71 %

\*\* : Alta significancia

\* : Significancia

NS: No significancia

Al realizar el análisis de varianza se puede apreciar diferenciación altamente significativa ( $\alpha$  0,01) para tratamientos, y para el factor B (Temperatura en el interior del secador), es decir que el tiempo que se emplea para deshidratar el producto depende de la temperatura en el interior del secador.

Al existir significación estadística se realizó las pruebas de Tukey ( $\alpha$ <0,05) para tratamientos y prueba DMS para el factor B (Temperatura de secado).

**Cuadro 22: Prueba de Tukey ( $\alpha$ <0,05) para tratamientos.**

TRATAMIENTOS		MEDIAS	RANGOS
T2	A1B1C2	10,667	a
T5	A2B1C1	10,667	a
T6	A2B1C2	10,667	a
T1	A1B1C1	10,500	a
T7	A2B2C1	8,667	b
T3	A1B2C1	8,333	b
T4	A1B2C2	8,167	b
T8	A2B2C2	7,833	b

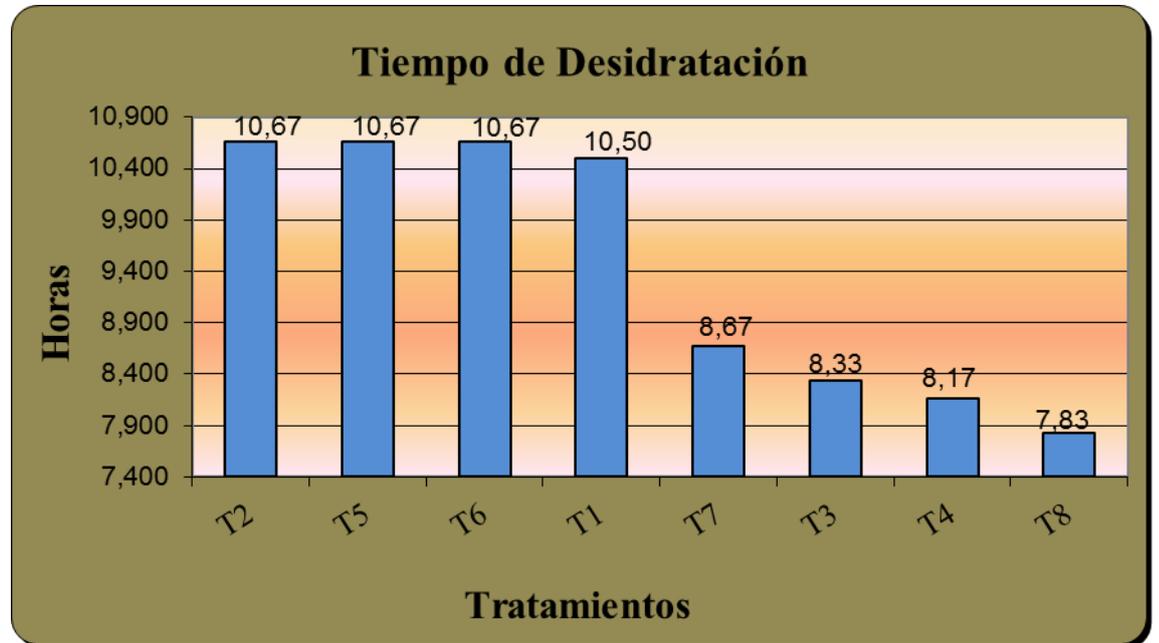
En el cuadro de Tukey ( $\alpha$ <0,05) para los tratamientos se puede observar que **T2**, **T5**, **T6**, **T1** poseen rango a, es decir que entre los tratamientos contenidos en este rango únicamente existe diferencia matemática en sus medias calculadas.

**Cuadro 23: Prueba DMS para el factor B (temperatura de secado)**

FACTOR B	MEDIAS	RANGOS
<b>B2</b>	8,250	<b>a</b>
<b>B1</b>	10,625	<b>b</b>

Al realizar la prueba DMS para el factor B, se puede concluir que B2 (temperatura de 60° C) es el mejor nivel, es decir que la temperatura del secador es inversamente proporcional al tiempo de secado, y a mayor temperatura el producto podrá deshidratarse en un tiempo menor.

**Gráfico 6: Representación gráfica de la variable tiempo de secado (h) en las láminas deshidratadas de pulpa de Pitahaya al final del proceso.**



En el gráfico anterior se puede apreciar que **T7, T3, T8, T4**, son los tratamientos que menor tiempo de deshidratación presentan en el producto terminado, siendo **T8** (Fruta madura, temperatura de secado 60° C y velocidad de aire 4 m/s) el más destacado por su menor tiempo de proceso.

#### **4.7. Análisis Sensorial del Producto Terminado.**

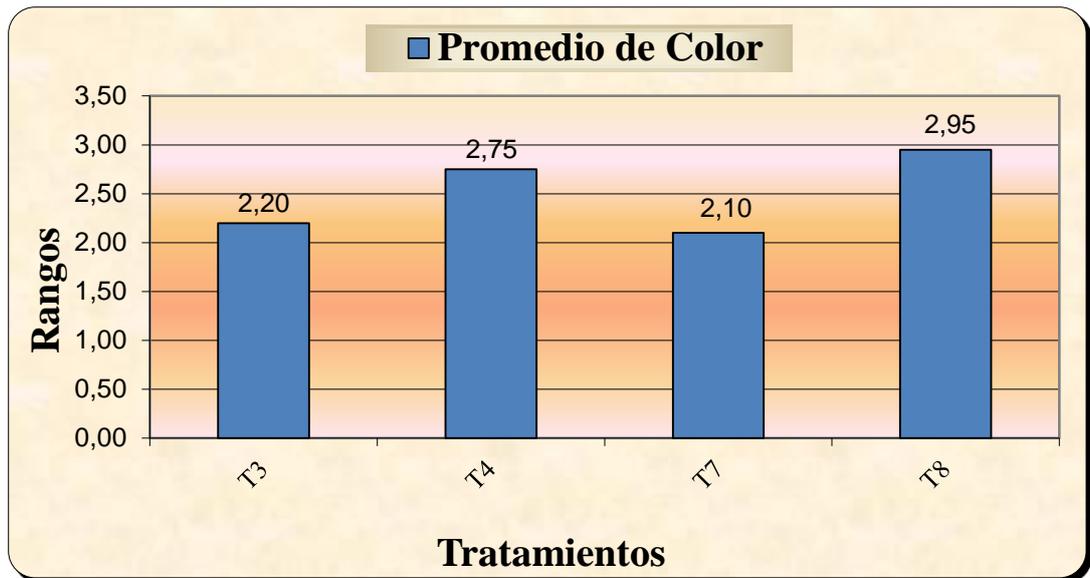
El análisis sensorial del producto terminado fue realizado con el fin de evaluar la aceptación de las láminas por parte del consumidor, tomando en cuenta para este efecto a los cuatro tratamientos más destacados de entre las pruebas cuantitativas.

Este análisis fue aplicado a cuatro tratamientos pues es el límite de tolerancia de un catador, sea éste entrenado o no, para hacer una buena diferenciación entre un producto y otro. Las fichas de encuesta para la evaluación sensorial de las láminas deshidratadas de pulpa de Pitahaya se detallan en el anexo 1.

#### 4.7.1. Color.

Los rangos tabulados luego de la evaluación sensorial se encuentran detallados en el anexo 2.

**Gráfico 7: Caracterización del color en el producto terminado.**

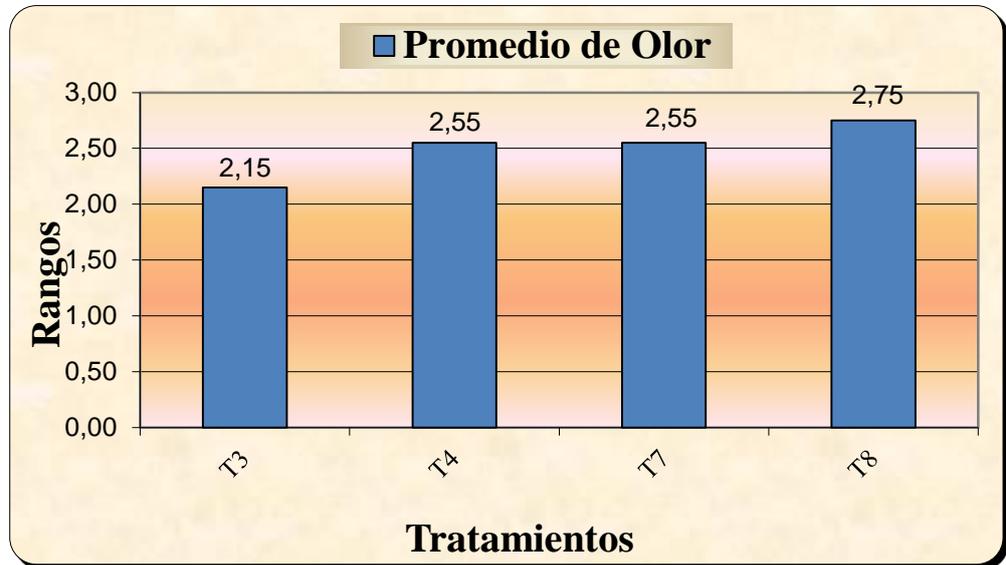


Al observar el gráfico anterior se puede establecer que T8 es el tratamiento que más aceptabilidad tuvo en la variable color por el panel degustador, seguido por T4 y T3, estableciéndose de esta manera los tres mejores tratamientos para esta variable.

#### 4.7.2. Olor.

Los rangos tabulados luego de la evaluación sensorial se encuentran detallados en el anexo 3.

**Gráfico 8: Caracterización del olor en el producto terminado.**

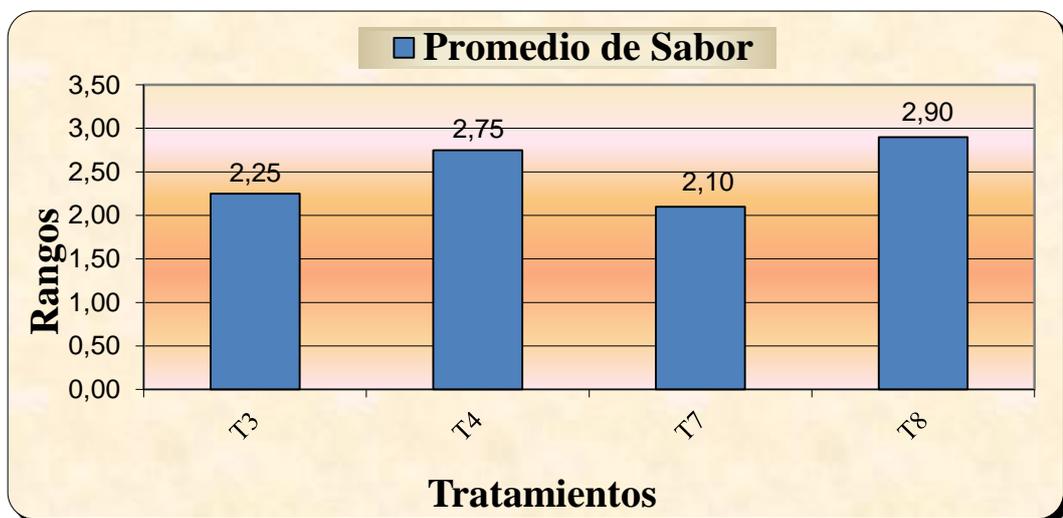


Al observar el gráfico anterior se puede establecer que T8 es el tratamiento que más aceptabilidad tuvo en la variable olor por el panel degustador, seguido por T7 y T4, resultando así los tres mejores tratamientos para esta variable.

#### 4.7.3. Sabor.

Los rangos tabulados luego de la evaluación sensorial se encuentran detallados en el anexo 4.

**Gráfico 9: Caracterización del sabor en el producto terminado.**

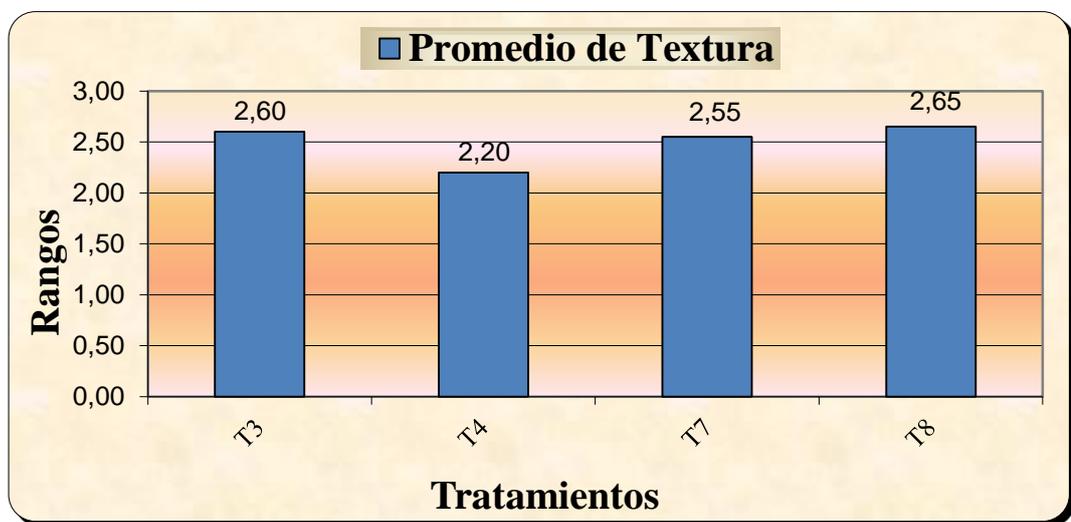


Los datos resultantes indican que T8 es el tratamiento que más aceptabilidad tuvo en la variable sabor, a continuación T4 y T3 completan el grupo de los tres mejores tratamientos para esta variable.

#### 4.7.4. Textura.

Los rangos tabulados luego de la evaluación sensorial se encuentran detallados en el anexo 5.

**Gráfico 10: Caracterización de la textura en el producto terminado.**



Al tabular los resultados de esta variable se establece que T8, T3 y T7 son los tres tratamientos sobresalientes para la variable textura, siendo T8 el tratamiento más aceptado por los degustadores.

Para poder determinar si existe significación estadística en las variables obtenidas de la evaluación sensorial, se realizó el análisis de Friedman al 5 % y al 1 %, cuyo cuadro se detalla a continuación.

**Cuadro 24: Análisis de Friedman para las variables de la evaluación sensorial.**

VARIABLE	VALOR CALCULADO $\chi^2$	VALOR TABULAR $\chi^2$ (5%)	VALOR TABULAR $\chi^2$ (1%)	SIGNIF.
COLOR	3,09	9,49	13,3	NS
OLOR	1,14	9,49	13,3	NS
SABOR	2,67	9,49	13,3	NS
TEXTURA	0,75	9,5	13,3	NS

( $\chi^2_t < 0,05$ ) Rangos de Friedman

En el análisis de Friedman se determinó que las variables color, olor, sabor y textura no tuvieron significación estadística al 5 % y al 1 %, esto quiere decir que todos los tratamientos de esta variable son estadísticamente iguales, y la diferencia entre los mismos se determinará por la diferencia matemática entre estos.

#### **4.8. Curvas características de Deshidratado para Láminas de Pulpa de Pitahaya “*Hylocereus undatus*”.**

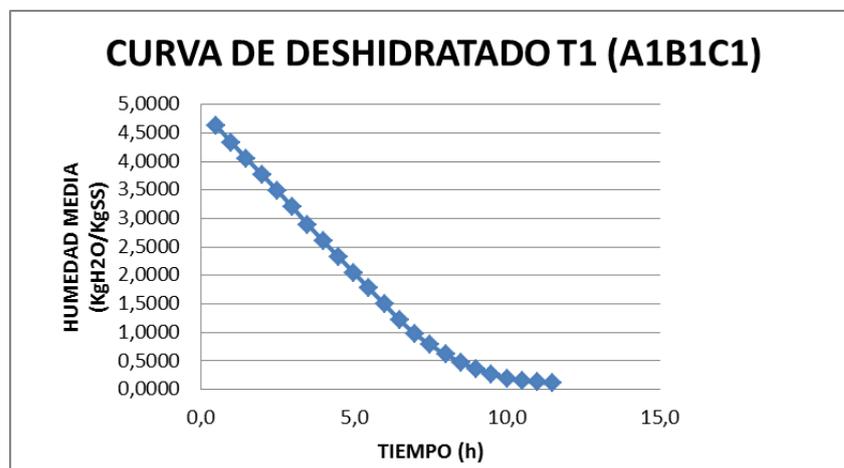
##### **4.8.1. Curva de deshidratado para T1 (fruta pintona, temperatura 45° C y velocidad de aire 2,5 m/s).**

Para el tratamiento 1 el tiempo de deshidratado para obtener las láminas deshidratadas fue de 11,5 horas.

**Cuadro 25: valor de humedad y velocidad de secado para el tratamiento T1 (A1B1C1).**

TIEMPO	PESO	PESO BASE SECA	HUMEDAD	HUMEDAD MEDIA	VELOCIDAD
horas	Kg	Kg SS	KgH <sub>2</sub> O/KgSS	KgH <sub>2</sub> O/KgSS	KgH <sub>2</sub> O/hm
0,0	0,5200	0,0900	4,7803		
0,5	0,4933	0,0900	4,4839	4,6321	0,3463
1,0	0,4667	0,0900	4,1875	4,3357	0,3463
1,5	0,4417	0,0900	3,9096	4,0485	0,3247
2,0	0,4167	0,0900	3,6317	3,7706	0,3247
2,5	0,3917	0,0900	3,3538	3,4927	0,3247
3,0	0,3633	0,0900	3,0388	3,1963	0,3680
3,5	0,3367	0,0900	2,7424	2,8906	0,3463
4,0	0,3117	0,0900	2,4645	2,6035	0,3247
4,5	0,2867	0,0900	2,1866	2,3256	0,3247
5,0	0,2617	0,0900	1,9087	2,0477	0,3247
5,5	0,2367	0,0900	1,6308	1,7697	0,3247
6,0	0,2117	0,0900	1,3529	1,4918	0,3247
6,5	0,1867	0,0900	1,0750	1,2139	0,3247
7,0	0,1683	0,0900	0,8712	0,9731	0,2381
7,5	0,1517	0,0900	0,6859	0,7786	0,2165
8,0	0,1383	0,0900	0,5377	0,6118	0,1732
8,5	0,1260	0,0900	0,4006	0,4692	0,1602
9,0	0,1183	0,0900	0,3154	0,3580	0,0996
9,5	0,1100	0,0900	0,2228	0,2691	0,1082
10,0	0,1050	0,0900	0,1672	0,1950	0,0649
10,5	0,1017	0,0900	0,1301	0,1487	0,0433
11,0	0,1000	0,0900	0,1116	0,1209	0,0216
11,5	0,1000	0,0900	0,1116	0,1116	0,0000

**Gráfico 11: Curva de deshidratado T1 (A1B1C1)**

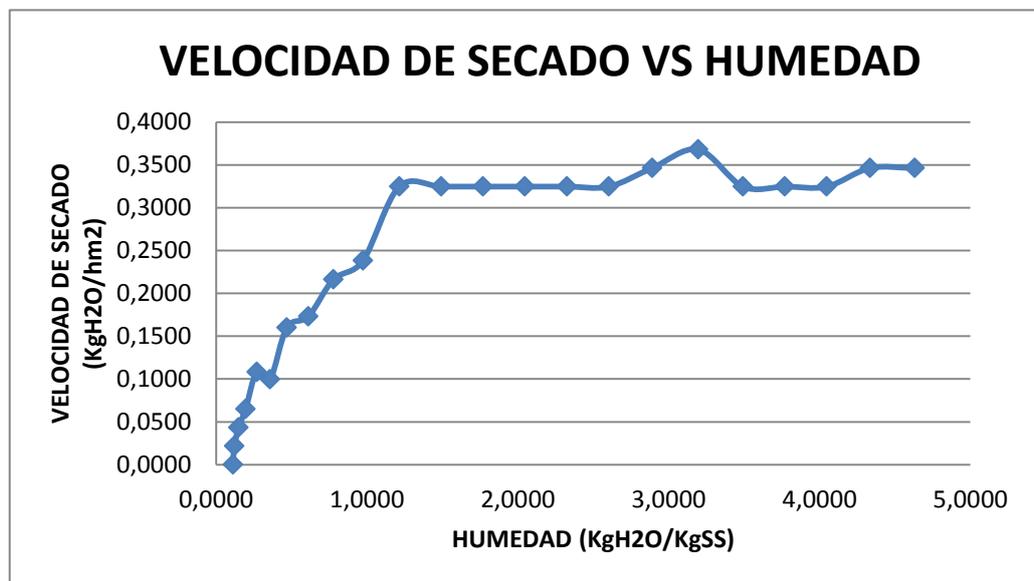


Al ser el proceso de deshidratación de pulpa donde no existe matriz celular, por tanto no existe vías de difusión del vapor de agua desde el interior de la lámina hacia la superficie, la disminución del peso por evaporación del agua es extremadamente lenta, como se puede observar en la baja pendiente del gráfico 11. Este comportamiento de la baja velocidad de secado es debido a que la pulpa de esta fruta carece de una estructura celular rígida, por tanto en esta investigación se procedió a eliminar las semillas mediante el pulpatado.

#### 4.8.1.1. Humedad y velocidad de secado para T1

Para obtener la humedad en ( $\text{KgH}_2\text{O}/\text{KgSS}$ ) y la velocidad de secado en ( $\text{KgH}_2\text{O}/\text{hm}^2$ ), se realizan los cálculos y sus resultados ver anexo 6 y 7.

**Gráfico 12: Velocidad de secado vs Humedad de sólido para T1 (A1B1C1)**



En el gráfico 12 se puede observar un tiempo ante crítico de 6,5 horas, el cual empieza con una humedad inicial  $X_0 = 4,7803 \text{ kgH}_2\text{O}/\text{kgss}$  y concluye en la humedad crítica  $X_c = 1,2139 \text{ kgH}_2\text{O}/\text{kgss}$ , con una velocidad de secado  $W_c = 0,3247 \text{ kgH}_2\text{O}/\text{hm}^2$ . El tiempo pos crítico tiene una duración de 5 horas, éste empieza a partir de la humedad crítica y termina en la humedad final  $X_f = 0,1116 \text{ kgH}_2\text{O}/\text{kgss}$  con una velocidad de secado  $W_f = 0,0216 \text{ kgH}_2\text{O}/\text{hm}^2$  y una humedad de equilibrio  $X^* = 0,1209 \text{ kgH}_2\text{O}/\text{kgss}$ .

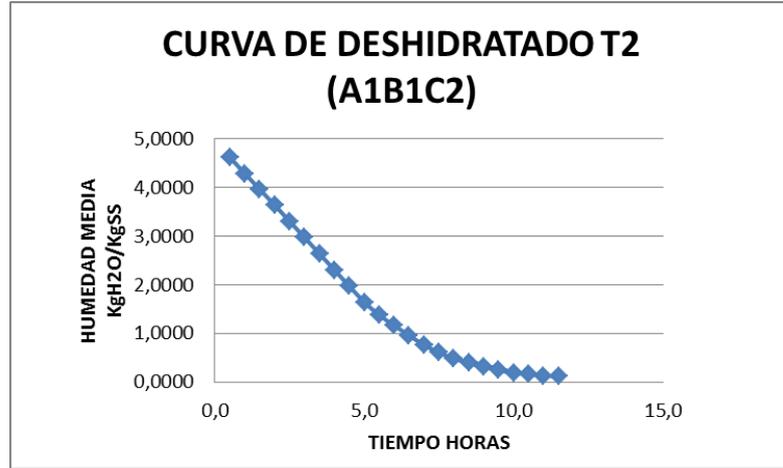
**4.8.2. Curva de deshidratado para T2 (fruta pintona, temperatura 45° C y velocidad de aire 4 m/s).**

Para el tratamiento 2 el tiempo de deshidratado para obtener las láminas deshidratadas fue de 11,5 horas.

**Cuadro 26: valor de humedad y velocidad de secado para el tratamiento T2 (A1B1C2).**

<b>TIEMPO</b>	<b>PESO</b>	<b>PESO BASE SECA</b>	<b>HUMEDAD</b>	<b>HUMEDAD MEDIA</b>	<b>VELOCIDAD</b>
horas	Kg	Kg SS	KgH2O/KgSS	KgH2O/KgSS	KgH2O/hm
0,0	0,5200	0,0900	4,7803		
0,5	0,4900	0,0900	4,4469	4,6136	0,3896
1,0	0,4600	0,0900	4,1134	4,2801	0,3896
1,5	0,4317	0,0900	3,7984	3,9559	0,3680
2,0	0,4017	0,0900	3,4649	3,6317	0,3896
2,5	0,3717	0,0900	3,1315	3,2982	0,3896
3,0	0,3417	0,0900	2,7980	2,9647	0,3896
3,5	0,3117	0,0900	2,4645	2,6312	0,3896
4,0	0,2817	0,0900	2,1310	2,2978	0,3896
4,5	0,2517	0,0900	1,7975	1,9643	0,3896
5,0	0,2233	0,0900	1,4826	1,6401	0,3680
5,5	0,2033	0,0900	1,2603	1,3714	0,2597
6,0	0,1850	0,0900	1,0565	1,1584	0,2381
6,5	0,1667	0,0900	0,8527	0,9546	0,2381
7,0	0,1500	0,0900	0,6674	0,7600	0,2165
7,5	0,1383	0,0900	0,5377	0,6026	0,1515
8,0	0,1283	0,0900	0,4266	0,4821	0,1299
8,5	0,1217	0,0900	0,3525	0,3895	0,0866
9,0	0,1150	0,0900	0,2783	0,3154	0,0866
9,5	0,1083	0,0900	0,2042	0,2413	0,0866
10,0	0,1050	0,0900	0,1672	0,1857	0,0433
10,5	0,1033	0,0900	0,1487	0,1579	0,0216
11,0	0,1000	0,0900	0,1116	0,1301	0,0433
11,5	0,1000	0,0900	0,1116	0,1116	0,0000

**Gráfico 13: Curva de deshidratado T2 (A1B1C2)**

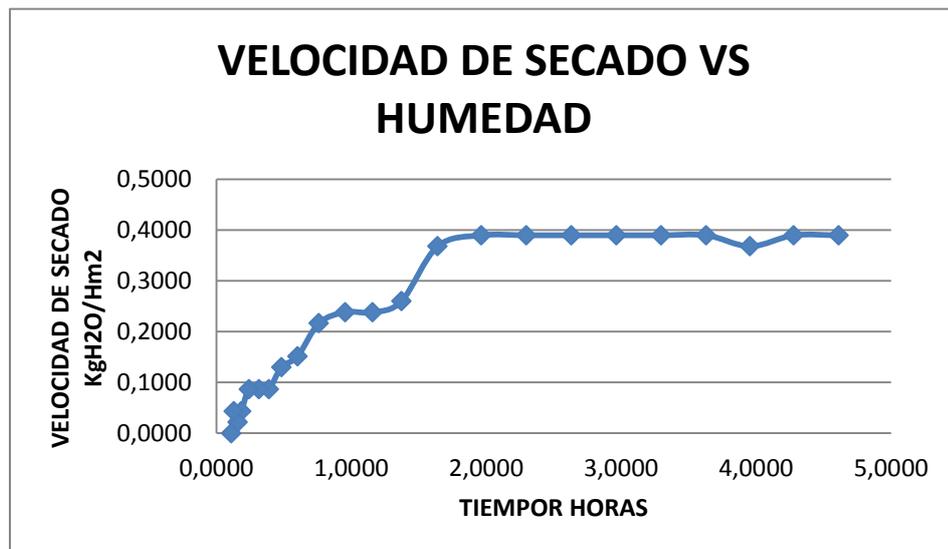


La baja pendiente del gráfico 13 demuestra la lenta pérdida de peso en el proceso de deshidratación, debido a la ausencia de una matriz celular y pared para que exista la difusión de la humedad desde el centro.

#### 4.8.2.1. Humedad y velocidad de secado para T2

Para obtener la humedad en (KgH<sub>2</sub>O/KgSS) y la velocidad de secado en (KgH<sub>2</sub>O/hm<sup>2</sup>), se realizan los cálculos y sus resultados ver anexo 6 y 8.

**Gráfico 14: Velocidad de secado vs Humedad de sólido para T2 (A1B1C2)**



En el grafico anterior se puede observar un tiempo ante crítico de 4,5 horas, el cual empieza con una humedad inicial  $X_0 = 4,7803 \text{ kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{kg}_{\text{SS}}$  y concluye en la humedad crítica  $X_c = 1,9643 \text{ kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{kg}_{\text{SS}}$ , con una velocidad de secado  $W_c = 0,3896 \text{ kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{hm}^2$ . El tiempo pos crítico tiene una duración de 7 horas, éste empieza a partir de la humedad crítica y termina en la humedad final  $X_f = 0,1116 \text{ kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{kg}_{\text{SS}}$  con una velocidad de secado  $W_f = 0,0433 \text{ kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{hm}^2$  y una humedad de equilibrio  $X^* = 0,1301 \text{ kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{kg}_{\text{SS}}$ .

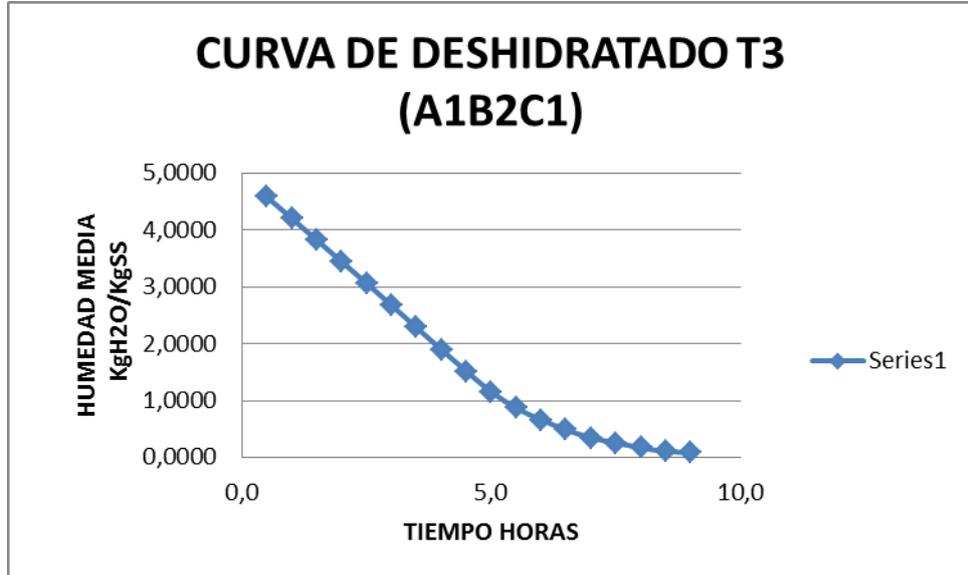
#### 4.8.3. Curva de deshidratado para T3 (fruta pintona, temperatura 60° C y velocidad de aire 2,5 m/s).

Para el tratamiento 3 el tiempo de deshidratado para obtener las láminas deshidratadas fue de 9 horas.

**Cuadro 27: valor de humedad y velocidad de secado para el tratamiento T3 (A1B2C1).**

TIEMPO	PESO	PESO BASE SECA	HUMEDAD	HUMEDAD MEDIA	VELOCIDAD
horas	Kg	Kg SS	KgH <sub>2</sub> O/KgSS	KgH <sub>2</sub> O/KgSS	KgH <sub>2</sub> O/hm
0,0	0,5200	0,0900	4,7803		
0,5	0,4850	0,0900	4,3913	4,5858	0,4545
1,0	0,4517	0,0900	4,0207	4,2060	0,4329
1,5	0,4167	0,0900	3,6317	3,8262	0,4545
2,0	0,3833	0,0900	3,2612	3,4464	0,4329
2,5	0,3483	0,0900	2,8721	3,0666	0,4545
3,0	0,3133	0,0900	2,4830	2,6776	0,4545
3,5	0,2783	0,0900	2,0940	2,2885	0,4545
4,0	0,2433	0,0900	1,7049	1,8994	0,4545
4,5	0,2100	0,0900	1,3344	1,5196	0,4329
5,0	0,1783	0,0900	0,9824	1,1584	0,4113
5,5	0,1583	0,0900	0,7600	0,8712	0,2597
6,0	0,1417	0,0900	0,5748	0,6674	0,2165
6,5	0,1267	0,0900	0,4080	0,4914	0,1948
7,0	0,1167	0,0900	0,2969	0,3525	0,1299
7,5	0,1100	0,0900	0,2228	0,2598	0,0866
8,0	0,1017	0,0900	0,1301	0,1764	0,1082
8,5	0,0983	0,0900	0,0931	0,1116	0,0433
9,0	0,0983	0,0900	0,0931	0,0931	0,0000

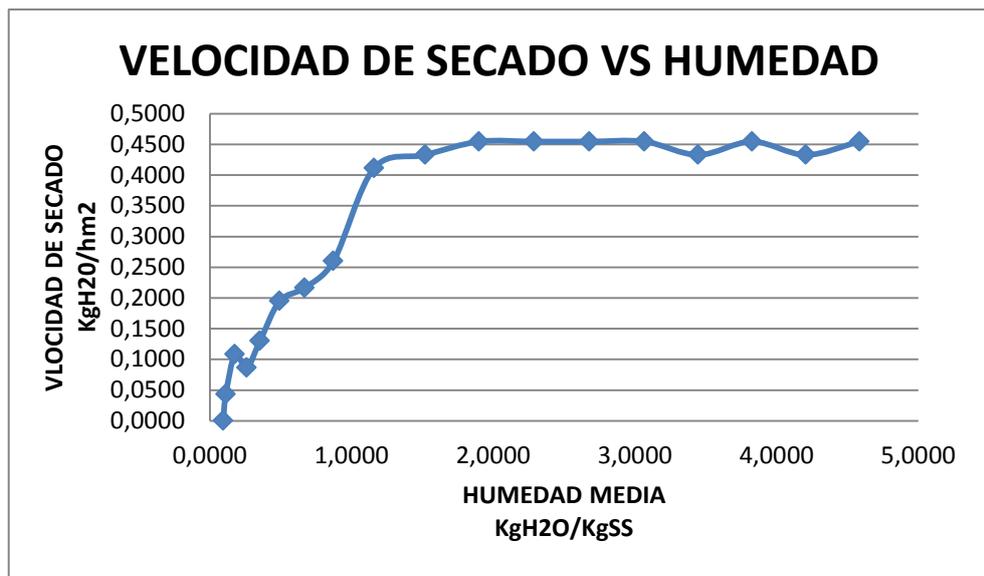
Gráfico 15: Curva de deshidratado T3 (A1B2C1)



#### 4.8.3.1. Humedad y velocidad de secado para T3

Para obtener la humedad en (KgH<sub>2</sub>O/KgSS) y la velocidad de secado en (KgH<sub>2</sub>O/hm<sup>2</sup>), se realizan los cálculos y sus resultados ver anexo 6 y 9.

Gráfico 16: Velocidad de secado vs Humedad de sólido para T3 (A1B2C1)



En el gráfico 16 se puede observar un tiempo ante crítico de 4,5 horas, el cual empieza con una humedad inicial  $X_0 = 4,7803 \text{ kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{kg}_{\text{SS}}$  y concluye en la humedad crítica  $X_c = 1,5196 \text{ kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{kg}_{\text{SS}}$ , con una velocidad de secado  $W_c = 0,4329 \text{ kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{hm}^2$ . El tiempo pos crítico tiene una duración de 4,5 horas, éste empieza a partir de la humedad crítica y termina en la humedad final  $X_f = 0,0931 \text{ kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{kg}_{\text{SS}}$  con una velocidad de secado  $W_f = 0,0433 \text{ kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{hm}^2$  y una humedad de equilibrio  $X^* = 0,1116 \text{ kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{kg}_{\text{SS}}$ .

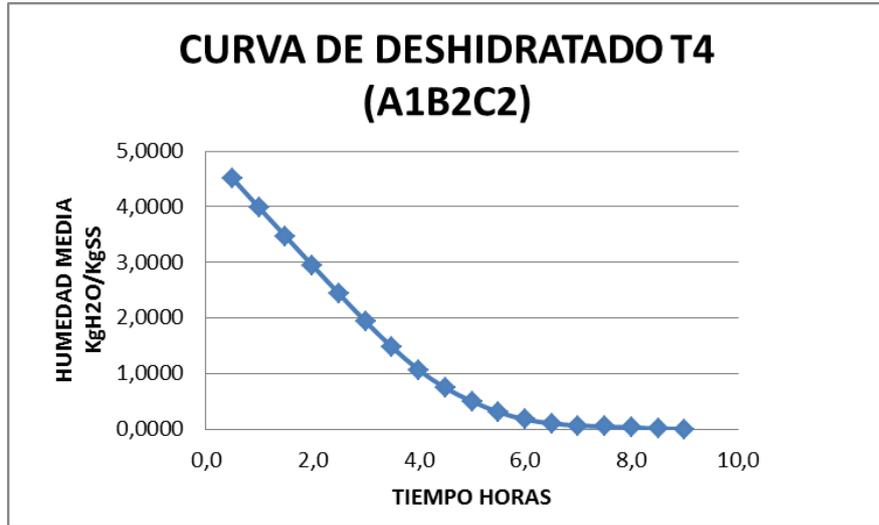
#### 4.8.4. Curva de deshidratado para T4 (fruta pintona, temperatura 60° C y velocidad de aire 4 m/s).

Para el tratamiento 4 el tiempo de deshidratado para obtener las láminas deshidratadas fue de 9 horas.

**Cuadro 28: valor de humedad y velocidad de secado para el tratamiento T4 (A1B2C2).**

TIEMPO	PESO	PESO BASE SECA	HUMEDAD	HUMEDAD MEDIA	VELOCIDAD
horas	Kg	Kg SS	KgH <sub>2</sub> O/KgSS	KgH <sub>2</sub> O/KgSS	KgH <sub>2</sub> O/hm
0,0	0,5200	0,0900	4,7803		
0,5	0,4717	0,0900	4,2431	4,5117	0,6277
1,0	0,4250	0,0900	3,7243	3,9837	0,6061
1,5	0,3783	0,0900	3,2056	3,4649	0,6061
2,0	0,3317	0,0900	2,6868	2,9462	0,6061
2,5	0,2867	0,0900	2,1866	2,4367	0,5844
3,0	0,2417	0,0900	1,6864	1,9365	0,5844
3,5	0,2033	0,0900	1,2603	1,4733	0,4978
4,0	0,1683	0,0900	0,8712	1,0657	0,4545
4,5	0,1450	0,0900	0,6118	0,7415	0,3030
5,0	0,1250	0,0900	0,3895	0,5007	0,2597
5,5	0,1100	0,0900	0,2228	0,3061	0,1948
6,0	0,1017	0,0900	0,1301	0,1764	0,1082
6,5	0,0967	0,0900	0,0746	0,1023	0,0649
7,0	0,0950	0,0900	0,0560	0,0653	0,0216
7,5	0,0933	0,0900	0,0375	0,0468	0,0216
8,0	0,0917	0,0900	0,0190	0,0282	0,0216
8,5	0,0900	0,0900	0,0004	0,0097	0,0216
9,0	0,0900	0,0900	0,0004	0,0004	0,0000

**Gráfico 17: Curva de deshidratado T4 (A1B2C2)**

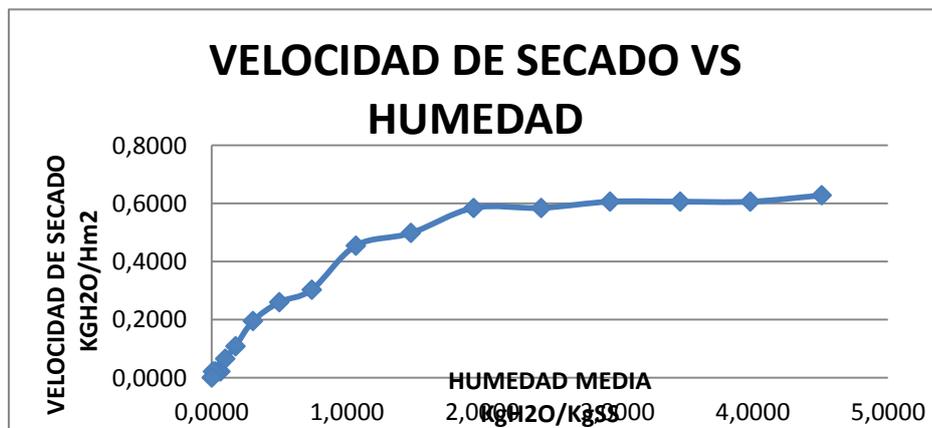


La pendiente de deshidratado demuestra un tiempo menor de secado debido al aumento de temperatura en este tratamiento, teniendo la baja pendiente aún la característica de una lenta pérdida de humedad debido a las características de la pulpa de carecer de matriz celular.

#### 4.8.4.1. Humedad y velocidad de secado para T4

Para obtener la humedad en (KgH<sub>2</sub>O/KgSS) y la velocidad de secado en KgH<sub>2</sub>O/hm<sup>2</sup>), se realizan los cálculos y sus resultados ver anexo 6 y 10.

**Gráfico 18: Velocidad de secado vs Humedad de sólido para T4 (A1B2C2)**



En el gráfico anterior se puede observar un tiempo antecrítico de 3 horas, el cual empieza con una humedad inicial  $X_0 = 4,7803 \text{ kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{kg}_{\text{SS}}$  y concluye en la humedad crítica  $X_c = 1,9365 \text{ kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{kg}_{\text{SS}}$ , con una velocidad de secado  $W_c = 0,5844 \text{ kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{hm}^2$ . El tiempo pos crítico tiene una duración de 6 horas, éste empieza a partir de la humedad crítica y termina en la humedad final  $X_f = 0,0004 \text{ kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{kg}_{\text{SS}}$  con una velocidad de secado  $W_f = 0,0216 \text{ kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{hm}^2$  y una humedad de equilibrio  $X^* = 0,0097 \text{ kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{kg}_{\text{SS}}$ .

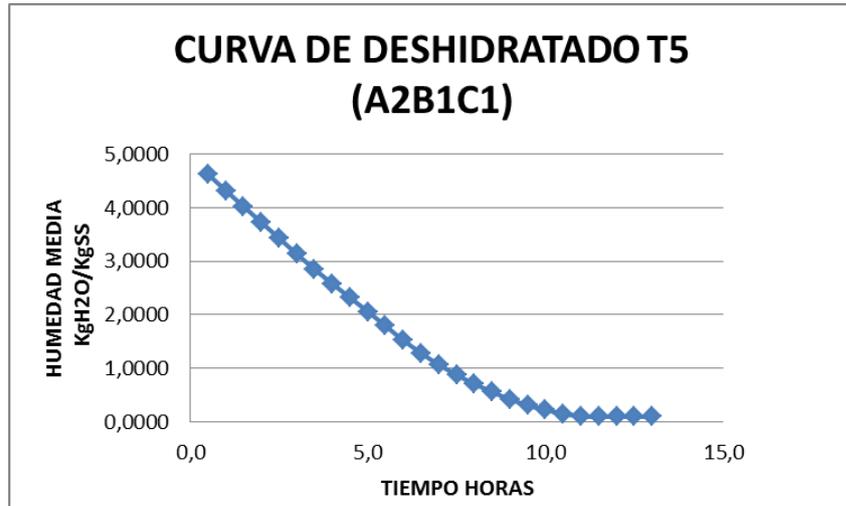
#### 4.8.5. Curva de deshidratado para T5 (fruta madura, temperatura 45° C y velocidad de aire 2,5 m/s).

Para el tratamiento 5 el tiempo de deshidratado para obtener las láminas deshidratadas fue de 11,5 horas.

**Cuadro 29: Valor de humedad y velocidad de secado para el tratamiento T5 (A2B1C1).**

TIEMPO	PESO	PESO BASE SECA	HUMEDAD	HUMEDAD MEDIA	VELOCIDAD
horas	Kg	Kg SS	KgH <sub>2</sub> O/KgSS	KgH <sub>2</sub> O/KgSS	KgH <sub>2</sub> O/hm
0,0	0,5200	0,0900	4,7803		
0,5	0,4917	0,0900	4,4654	4,6229	0,3680
1,0	0,4650	0,0900	4,1690	4,3172	0,3463
1,5	0,4383	0,0900	3,8725	4,0207	0,3463
2,0	0,4117	0,0900	3,5761	3,7243	0,3463
2,5	0,3850	0,0900	3,2797	3,4279	0,3463
3,0	0,3583	0,0900	2,9833	3,1315	0,3463
3,5	0,3333	0,0900	2,7054	2,8443	0,3247
4,0	0,3100	0,0900	2,4460	2,5757	0,3030
4,5	0,2867	0,0900	2,1866	2,3163	0,3030
5,0	0,2633	0,0900	1,9272	2,0569	0,3030
5,5	0,2383	0,0900	1,6493	1,7883	0,3247
6,0	0,2150	0,0900	1,3900	1,5196	0,3030
6,5	0,1950	0,0900	1,1676	1,2788	0,2597
7,0	0,1767	0,0900	0,9638	1,0657	0,2381
7,5	0,1600	0,0900	0,7786	0,8712	0,2165
8,0	0,1467	0,0900	0,6304	0,7045	0,1732
8,5	0,1333	0,0900	0,4821	0,5562	0,1732
9,0	0,1217	0,0900	0,3525	0,4173	0,1515
9,5	0,1133	0,0900	0,2598	0,3061	0,1082
10,0	0,1067	0,0900	0,1857	0,2228	0,0866
10,5	0,1000	0,0900	0,1116	0,1487	0,0866
11,0	0,0983	0,0900	0,0931	0,1023	0,0216
11,5	0,0983	0,0900	0,0931	0,0931	0,0000

**Gráfico 19: Curva de deshidratado T5 (A2B1C1)**

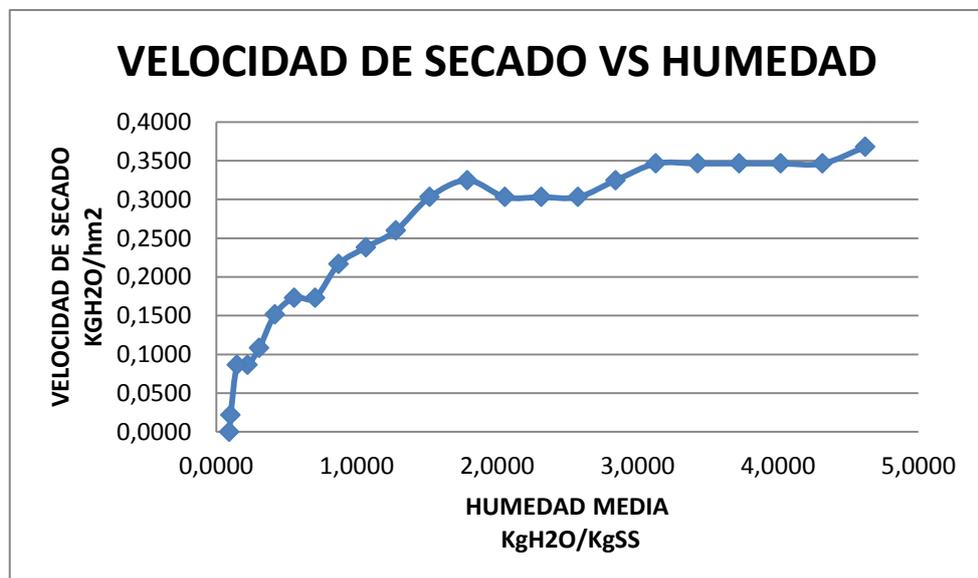


La ausencia de matriz celular de la pulpa determina una pérdida extremadamente lenta del agua, causando la baja pendiente característica del gráfico 19. La ausencia de estructura molecular rígida se debe al hecho de trabajar con pulpa de fruta y no con un alimento duro.

#### 4.8.5.1. Humedad y velocidad de secado para T1

Para obtener la humedad en (KgH<sub>2</sub>O/KgSS) y la velocidad de secado en (KgH<sub>2</sub>O/hm<sup>2</sup>), se realizan los cálculos y sus resultados ver anexo 6 y 11.

**Gráfico 20: Velocidad de secado vs Humedad de sólido para T5 (A2B1C1)**



En el gráfico anterior se puede observar un tiempo ante crítico de 5,5 horas, el cual empieza con una humedad inicial  $X_0 = 4,7803 \text{ kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{kg}_{\text{SS}}$  y concluye en la humedad crítica  $X_c = 1,7883 \text{ kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{kg}_{\text{SS}}$ , con una velocidad de secado  $W_c = 0,3247 \text{ kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{hm}^2$ . El tiempo pos crítico tiene una duración de 6 horas, éste empieza a partir de la humedad crítica y termina en la humedad final  $X_f = 0,0931 \text{ kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{kg}_{\text{SS}}$  con una velocidad de secado  $W_f = 0,0216 \text{ kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{hm}^2$  y una humedad de equilibrio  $X^* = 0,1023 \text{ kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{kg}_{\text{SS}}$ .

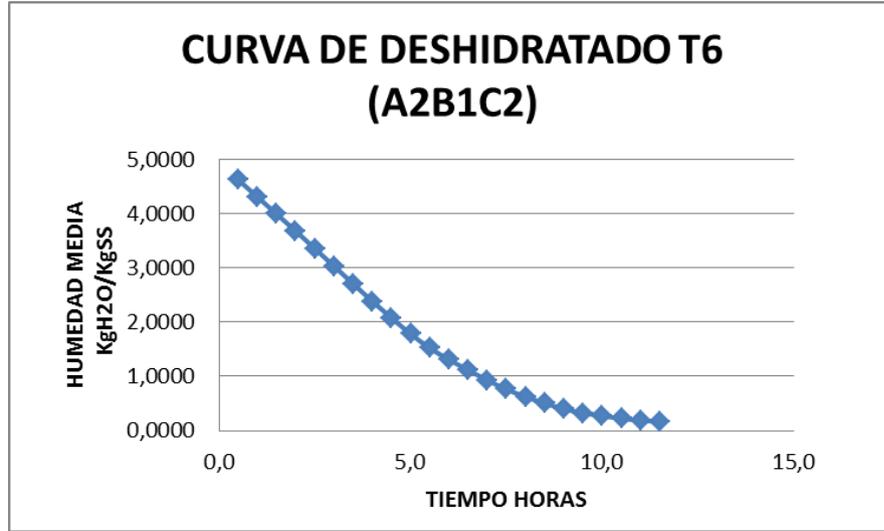
#### 4.8.6. Curva de deshidratado para T6 (fruta madura, temperatura 45° C y velocidad de aire 4 m/s).

Para el tratamiento 6 el tiempo de deshidratado para obtener las láminas deshidratadas fue de 11,5 horas.

**Cuadro 30: valor de humedad y velocidad de secado para el tratamiento T6 (A2B1C2).**

TIEMPO	PESO	PESO BASE SECA	HUMEDAD	HUMEDAD MEDIA	VELOCIDAD
horas	Kg	Kg SS	KgH <sub>2</sub> O/KgSS	KgH <sub>2</sub> O/KgSS	KgH <sub>2</sub> O/hm
0,0	0,5200	0,0900	4,7803		
0,5	0,4917	0,0900	4,4654	4,6229	0,3680
1,0	0,4633	0,0900	4,1504	4,3079	0,3680
1,5	0,4350	0,0900	3,8355	3,9930	0,3680
2,0	0,4067	0,0900	3,5205	3,6780	0,3680
2,5	0,3767	0,0900	3,1870	3,3538	0,3896
3,0	0,3483	0,0900	2,8721	3,0296	0,3680
3,5	0,3183	0,0900	2,5386	2,7054	0,3896
4,0	0,2900	0,0900	2,2237	2,3811	0,3680
4,5	0,2633	0,0900	1,9272	2,0754	0,3463
5,0	0,2367	0,0900	1,6308	1,7790	0,3463
5,5	0,2167	0,0900	1,4085	1,5196	0,2597
6,0	0,1983	0,0900	1,2047	1,3066	0,2381
6,5	0,1817	0,0900	1,0194	1,1120	0,2165
7,0	0,1650	0,0900	0,8341	0,9268	0,2165
7,5	0,1517	0,0900	0,6859	0,7600	0,1732
8,0	0,1400	0,0900	0,5562	0,6211	0,1515
8,5	0,1300	0,0900	0,4451	0,5007	0,1299
9,0	0,1217	0,0900	0,3525	0,3988	0,1082
9,5	0,1167	0,0900	0,2969	0,3247	0,0649
10,0	0,1117	0,0900	0,2413	0,2691	0,0649
10,5	0,1083	0,0900	0,2042	0,2228	0,0433
11,0	0,1050	0,0900	0,1672	0,1857	0,0433
11,5	0,1050	0,0900	0,1672	0,1672	0,0000

**Gráfico 21: Curva de deshidratado T6 (A2B1C2)**

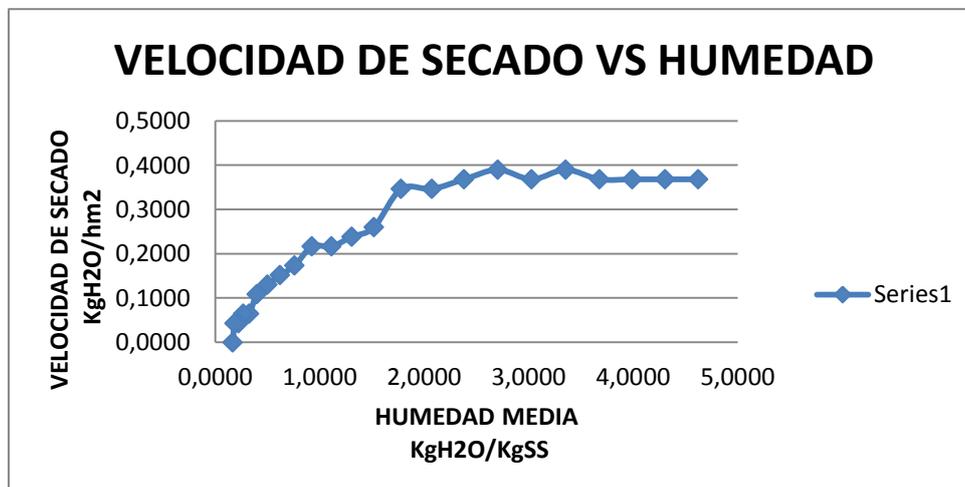


La ausencia de matriz celular de la pulpa causa la prolongación del tiempo de secado, pues el agua que se evapora a través de la deshidratación es la que se encuentra en su superficie, y no existe una difusión desde el centro de la pulpa, resultando una baja pendiente de secado.

#### 4.8.6.1. Humedad y velocidad de secado para T6

Para obtener la humedad en (KgH<sub>2</sub>O/KgSS) y la velocidad de secado en (KgH<sub>2</sub>O/hm<sup>2</sup>), se realizan los cálculos y sus resultados ver anexos 6 y 12.

**.Gráfico 22: Velocidad de secado vs Humedad de sólido para T6 (A2B1C2)**



En el grafico anterior se puede observar un tiempo ante crítico de 5 horas, el cual empieza con una humedad inicial  $X_o = 4,7803 \text{ kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{kg}_{\text{SS}}$  y concluye en la humedad crítica  $X_c = 1,7790 \text{ kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{kg}_{\text{SS}}$ , con una velocidad de secado  $W_c = 0,3463 \text{ kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{hm}^2$ . El tiempo pos crítico tiene una duración de 7 horas, éste empieza a partir de la humedad crítica y termina en la humedad final  $X_f = 0,1672 \text{ kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{kg}_{\text{SS}}$  con una velocidad de secado  $W_f = 0,0433 \text{ kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{hm}^2$  y una humedad de equilibrio  $X^* = 0,1857 \text{ kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{kg}_{\text{SS}}$ .

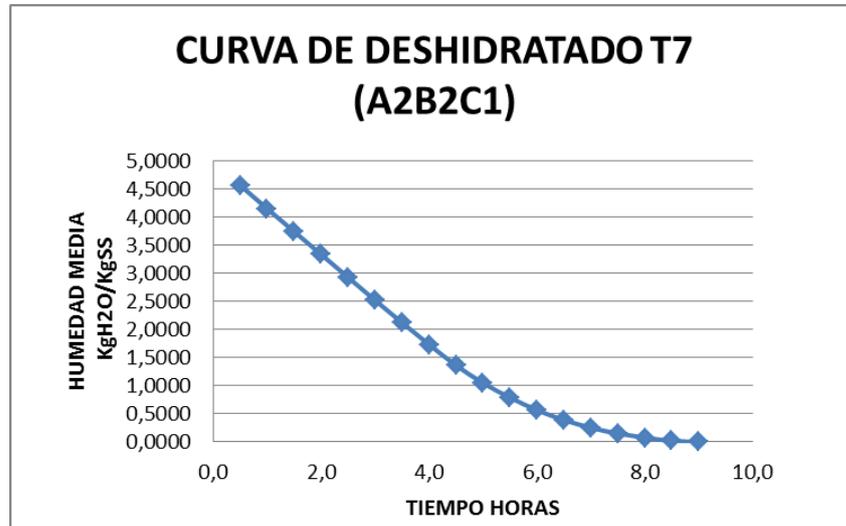
#### 4.8.7. Curva de deshidratado para T7 (fruta madura, temperatura 60° C y velocidad de aire 2,5 m/s).

Para el tratamiento 7 el tiempo de deshidratado para obtener las láminas deshidratadas fue de 9 horas.

**Cuadro 31: valor de humedad y velocidad de secado para el tratamiento T7 (A2B2C1).**

TIEMPO	PESO	PESO BASE SECA	HUMEDAD	HUMEDAD MEDIA	VELOCIDAD
horas	Kg	Kg SS	KgH <sub>2</sub> O/KgSS	KgH <sub>2</sub> O/KgSS	KgH <sub>2</sub> O/hm
0,0	0,5200	0,0900	4,7803		
0,5	0,4817	0,0900	4,3542	4,5673	0,4978
1,0	0,4450	0,0900	3,9466	4,1504	0,4762
1,5	0,4083	0,0900	3,5391	3,7428	0,4762
2,0	0,3717	0,0900	3,1315	3,3353	0,4762
2,5	0,3350	0,0900	2,7239	2,9277	0,4762
3,0	0,2983	0,0900	2,3163	2,5201	0,4762
3,5	0,2633	0,0900	1,9272	2,1218	0,4545
4,0	0,2283	0,0900	1,5382	1,7327	0,4545
4,5	0,1967	0,0900	1,1862	1,3622	0,4113
5,0	0,1717	0,0900	0,9083	1,0472	0,3247
5,5	0,1500	0,0900	0,6674	0,7878	0,2814
6,0	0,1317	0,0900	0,4636	0,5655	0,2381
6,5	0,1183	0,0900	0,3154	0,3895	0,1732
7,0	0,1067	0,0900	0,1857	0,2506	0,1515
7,5	0,1000	0,0900	0,1116	0,1487	0,0866
8,0	0,0933	0,0900	0,0375	0,0746	0,0866
8,5	0,0900	0,0900	0,0004	0,0190	0,0433
9,0	0,0900	0,0900	0,0004	0,0004	0,0000

**Gráfico 23: Curva de deshidratado T7 (A2B2C1)**

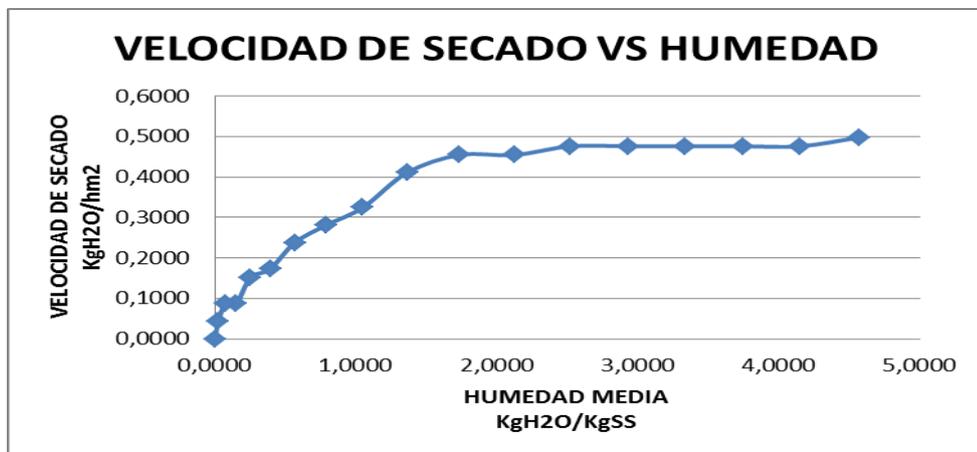


La baja pendiente del gráfico 23 es el resultado de la ausencia de una estructura sólida de la pulpa, causando una pérdida extremadamente lenta de su humedad, y prolongando el tiempo de secado.

#### 4.8.7.1. Humedad y velocidad de secado para T7

Para obtener la humedad en (KgH<sub>2</sub>O/KgSS) y la velocidad de secado en (KgH<sub>2</sub>O/hm<sup>2</sup>), se realizan los cálculos y sus resultados ver anexo 6 y 13.

**Gráfico 24: Velocidad de secado vs Humedad de sólido para T7 (A2B2C1)**



En el gráfico anterior se puede observar un tiempo ante crítico de 4 horas, el cual empieza con una humedad inicial  $X_0 = 4,7803 \text{ kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{kg}_{\text{SS}}$  y concluye en la humedad crítica  $X_c = 1,7327 \text{ kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{kg}_{\text{SS}}$ , con una velocidad de secado  $W_c = 0,4545 \text{ kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{hm}^2$ . El tiempo pos crítico tiene una duración de 5 horas, éste empieza a partir de la humedad crítica y termina en la humedad final  $X_f = 0,0004 \text{ kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{kg}_{\text{SS}}$  con una velocidad de secado  $W_f = 0,0433 \text{ kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{hm}^2$  y una humedad de equilibrio  $X^* = 0,0190 \text{ kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{kg}_{\text{SS}}$ .

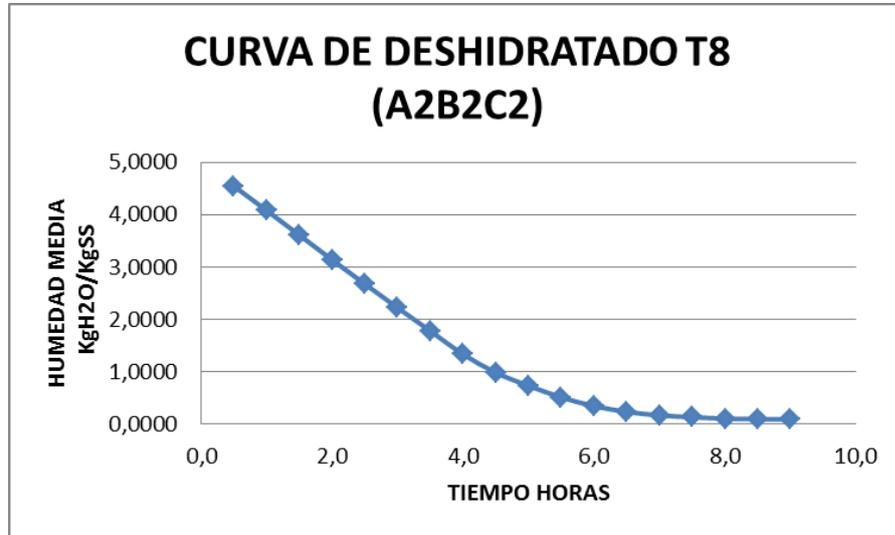
#### 4.8.8. Curva de deshidratado para T8 (fruta madura, temperatura 60° C y velocidad de aire 4 m/s).

Para el tratamiento 8 el tiempo de deshidratado para obtener las láminas deshidratadas fue de horas.

**Cuadro 32: valor de humedad y velocidad de secado para el tratamiento T8 (A2B2C2).**

TIEMPO	PESO	PESO BASE SECA	HUMEDAD	HUMEDAD MEDIA	VELOCIDAD
horas	Kg	Kg SS	KgH <sub>2</sub> O/KgSS	KgH <sub>2</sub> O/KgSS	KgH <sub>2</sub> O/hm
0,0	0,5200	0,0900	4,7803		
0,5	0,4783	0,0900	4,3172	4,5488	0,5411
1,0	0,4367	0,0900	3,8540	4,0856	0,5411
1,5	0,3933	0,0900	3,3723	3,6132	0,5628
2,0	0,3517	0,0900	2,9091	3,1407	0,5411
2,5	0,3100	0,0900	2,4460	2,6776	0,5411
3,0	0,2700	0,0900	2,0013	2,2237	0,5195
3,5	0,2300	0,0900	1,5567	1,7790	0,5195
4,0	0,1900	0,0900	1,1120	1,3344	0,5195
4,5	0,1667	0,0900	0,8527	0,9824	0,3030
5,0	0,1450	0,0900	0,6118	0,7323	0,2814
5,5	0,1267	0,0900	0,4080	0,5099	0,2381
6,0	0,1150	0,0900	0,2783	0,3432	0,1515
6,5	0,1067	0,0900	0,1857	0,2320	0,1082
7,0	0,1033	0,0900	0,1487	0,1672	0,0433
7,5	0,1000	0,0900	0,1116	0,1301	0,0433
8,0	0,0983	0,0900	0,0931	0,1023	0,0216
8,5	0,0983	0,0900	0,0931	0,0931	0,0000
9,0	0,0983	0,0900	0,0931	0,0931	0,0000

**Gráfico 25: Curva de deshidratado T8 (A2B2C2)**

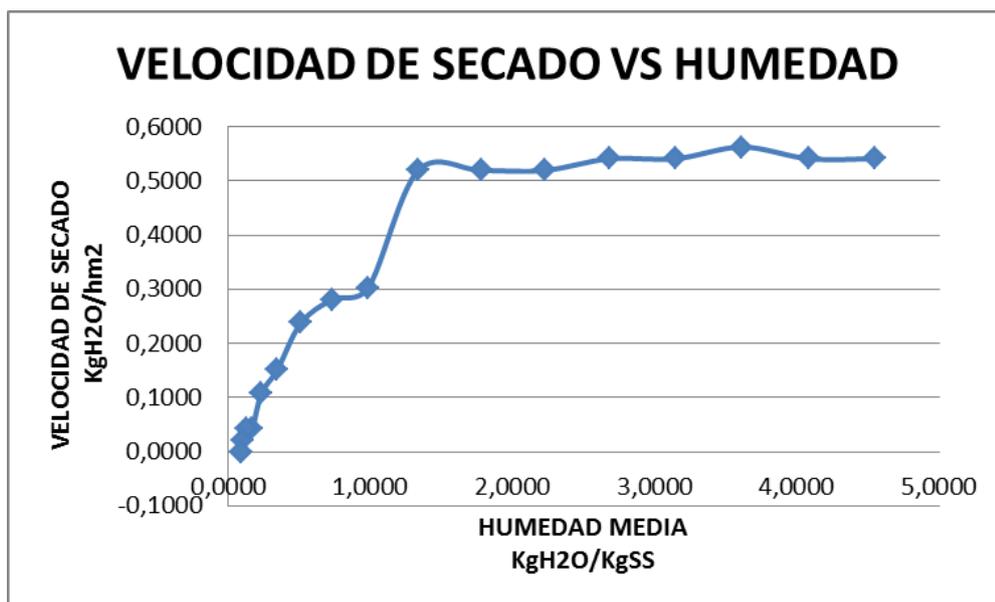


En el gráfico 25 se observa una pendiente baja de deshidratado debido a las características físicas de la pulpa, por su ausencia de matriz celular, el tiempo es menor que en otros tratamientos debido a la alta temperatura que se empleó para este tratamiento.

#### **4.8.8.1. Humedad y velocidad de secado para T8**

Para obtener la humedad en (KgH<sub>2</sub>O/Kgss) y la velocidad de secado en (KgH<sub>2</sub>O/hm<sup>2</sup>), se realizan los cálculos y sus resultados ver anexo 6 y 14.

**.Gráfico 26: Velocidad de secado vs Humedad de sólido para T8 (A2B2C2)**



En el gráfico anterior se puede observar un tiempo ante crítico de 4 horas, el cual empieza con una humedad inicial  $X_o = 4,7803 \text{ kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{kg}_{\text{SS}}$  y concluye en la humedad crítica  $X_c = 1,3344 \text{ kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{kg}_{\text{SS}}$ , con una velocidad de secado  $W_c = 0,5195 \text{ kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{hm}^2$ . El tiempo pos crítico tiene una duración de 5 horas, éste empieza a partir de la humedad crítica y termina en la humedad final  $X_f = 0,0931 \text{ kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{kg}_{\text{SS}}$  con una velocidad de secado  $W_f = 0,0216 \text{ kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{hm}^2$  y una humedad de equilibrio  $X^* = 0,1023 \text{ kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{kg}_{\text{SS}}$ .

#### 4.9. Análisis Microbiológico del Producto Terminado.

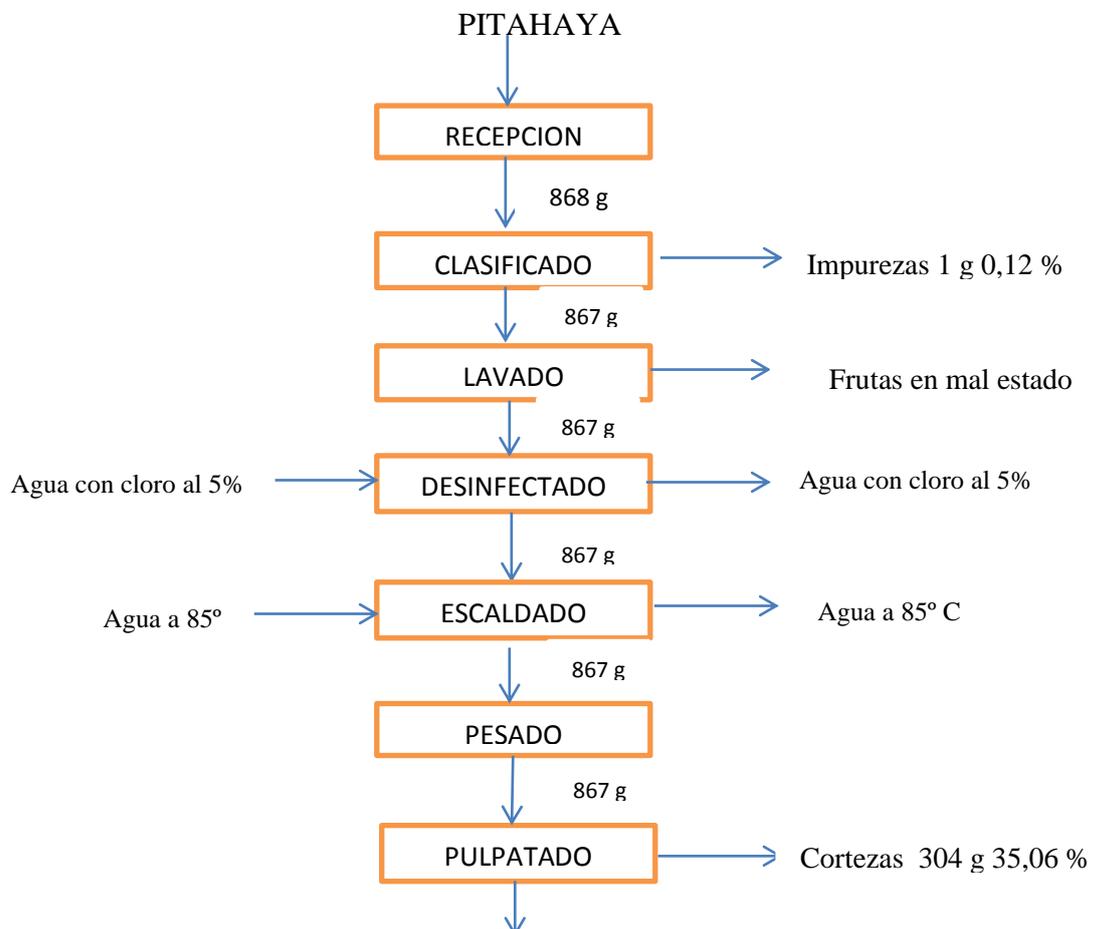
A continuación se detallan los resultados obtenidos en los respectivos análisis microbiológicos que fueron realizados en el Laboratorio de Uso Múltiple de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales a los mejores tres tratamientos obtenidos, los cuales son T3, T4 y T8.

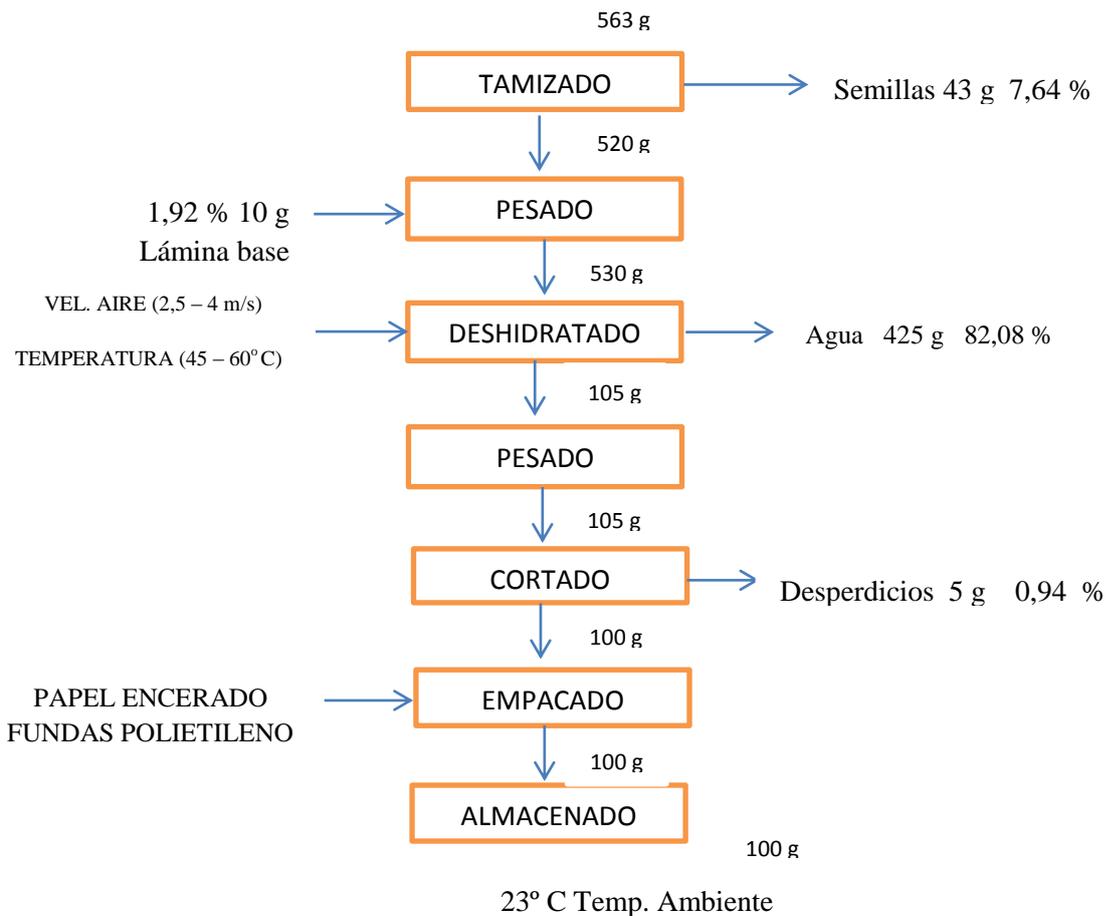
Los resultados obtenidos se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la norma NTE INEN 1529 que controla la aceptabilidad de productos deshidratados, certificados por el laboratorio encargado de realizar los análisis.

**Cuadro 33: Análisis microbiológico para los mejores tres tratamientos, T3, T4 Y T8.**

PARÁMETROS ANALIZADOS	UNIDAD	T3	T4	T8	Límite Permissible	Método de Ensayo
Recuento Aerobios Mesófilos	UFC/g	< 10	< 10	< 10	-----	AOAC 989.10
Recuento Coliformes totales	UFC/g	0	0	0	-----	
E. Coli	UFC/g	0	0	0	$5 \times 10^2$	
Recuento de Levaduras	UPM/g	10	150	100	$1,0 \times 10^3$	AOAC 997.02
Recuento de Mohos	UPM/g	50	40	80	$1,0 \times 10^3$	
FUENTE: Autor						

**4.11. Balance de Materiales para los tres mejores Tratamientos T3, T4 Y T8.**





#### 4.11. Determinación del Rendimiento para los tres mejores tratamientos T3, T4 Y T8.

**Fórmula:**

$$R = \frac{\text{Peso Final}}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

$$R = \frac{100 \text{ g}}{868 \text{ g}} \times 100$$

$$R = \frac{100 \text{ g}}{530 \text{ g}} \times 100$$

$$R1 = 11,52 \%$$

$$R2 = 18,87 \%$$

Después de haber realizado el respectivo balance de materiales se puede señalar que, por cada 868 g de Pitahaya se puede obtener 520 g de pulpa, añadiendo 10 g de papel de arroz nos da un total de 530 g de pulpa para ser deshidratada, alcanzando 100 g finales de producto deseado. Se puede identificar un rendimiento R1 de producto final con respecto a la fruta de 11,52 %, y un rendimiento R2 de producto final con respecto a la pulpa de 18,87%.

## CAPÍTULO V

### Conclusiones y Recomendaciones.

#### Conclusiones.

- De acuerdo a los resultados obtenidos la madurez óptima para elaborar las láminas deshidratadas es fruta madura (100 % de madurez), por presentar mejores características organolépticas según las pruebas de degustación realizadas.
- Entre los dos grados de madurez estudiados, existe una baja diferencia en las variables humedad y pH, donde la fruta pintona 83 % de humedad y pH de 4,3 y la fruta madura 83 % de humedad y pH de 4,5.
- Los sólidos solubles medidos a los dos grados de madurez tienen una diferencia mínima de 1,5 grados, donde la fruta pintona tiene 16,5° Brix y la fruta madura 18° Brix, observándose que la fruta madura contiene más azúcares que la fruta pintona.
- Los Factores grado de madurez y velocidad de aire tuvieron un efecto mínimo sobre las variables de respuesta del proceso de deshidratación de las láminas de pulpa de pitahaya, donde los niveles altos tuvieron más efecto (fruta madura (100 % de madurez y velocidad de aire de 4 m/s).
- La temperatura de secado fue el factor de mayor efecto sobre la variable de tiempo de secado de las láminas, donde el nivel alto de 60°C registro un tiempo de nueve horas y una menor humedad final.

- Los valores de humedad obtenidos del producto terminado están por debajo del límite permitido según las normas INEN para frutas secas, por el contrario para grados Brix y pH no existen referencias estándares de comparación.
- Según las variables cuantitativas (humedad, Brix, pH peso y tiempo de secado) en el producto terminado, se determinó que los cuatro mejores tratamientos fueron: T3, T4, T7 y T8.
- El análisis de los resultados organolépticos mediante la prueba de Friedman, estableció que los mejores tratamientos por su mayor aceptabilidad fueron: T8, T4 y T3, donde T8 fue el de mayor aceptación entre los degustadores.
- Los resultados microbiológicos determinaron que las láminas deshidratadas de los tratamientos T3, T4, y T8, estuvieron dentro de los límites permitidos por las normas INEN para productos de consumo humano.
- Según los análisis cuantitativos y cualitativos se puede concluir que el tratamiento T8 (fruta madura, temperatura de secado 60° C y velocidad de aire 4 m/s) fue el mejor tratamiento entre los evaluados.
- Según el análisis estadístico a los tratamientos estudiados, se acepta la hipótesis alternativa, donde el tratamiento T8 “El grado de madurez 100%, velocidad de aire 4 m/s y temperatura 60°C, tuvo mayor efecto sobre las variables de calidad y proceso de láminas deshidratadas de pitahaya”.

## **Recomendaciones.**

- Se recomienda trabajar con fruta madura, deshidratada a una temperatura de 60° C y una velocidad de aire de 4 m/s para la obtención de láminas deshidratadas de pulpa de Pitahaya.
- Se recomienda aplicar los factores estudiados en esta investigación con otras frutas exóticas.
- Es recomendable utilizar las escalas de humedad y tiempo de deshidratación de esta investigación para producir a escala industrial, tomando en cuenta el bajo porcentaje de humedad que se logró obtener para el producto final.
- Se recomienda realizar otra investigación con esta fruta probando otro tipo de despulpado y otro método de deshidratación, como liofilización o deshidratado al vacío.
- Se recomienda usar equipos de deshidratación que tengan regulación de temperatura y velocidad de aire pues estos factores son muy importantes y significativos para obtener una buena calidad en el producto final.
- Se recomienda tomar este trabajo de grado como referencia para futuras investigaciones en base a esta fruta.
- Al no existir estudios previos acerca de las semillas y sus características nutricionales se recomienda desarrollar investigaciones que utilicen las semillas como materia prima y evaluar su utilidad para el consumo humano.

## CAPÍTULO VI

### Bibliografía.

- Colina M., (2010), *Deshidratación de Alimentos*, México D.F.-México, Editorial Trillas
- Desroiser N., (1997), *Conservación de Alimentos*, México D. F.-México, Editorial Continental
- Casp A., (2011), *Procesos de Conservación de Alimentos*, Madrid-España, Mundiprensa
- Bello J., (2005), *Calidad de Vida Alimentos y Salud Humana*, España, Ediciones Díaz de Santos
- Rodríguez F., (2010) *Ingeniería de la Industria Alimentaria*, España, Editorial Síntesis
- Bedolla, S; Dueñas, C; Esquivel, I, (2011), *Introducción a la tecnología de alimentos*, 2011, editorial Limusa
- Fox, B; Cameron, A, (1997), *Ciencia de los Alimentos, Nutrición y Salud*, México D. F.-México, Limusa
- Durán F., (2009), *Procesos Industriales en Frutas y Hortalizas*, Bogotá-Colombia, Grupo latino
- Jay, J; Loessner, M; Golden, D, (2009), *Microbiología Moderna de los Alimentos*, Zaragoza – España, Acribia.
- Singh, P; Heldman, D, (2009) *Introducción a la Ingeniería de Alimentos*, Zaragoza – España, Acribia.
- Fellows, P, (1994), *Tecnología del Procesado de Alimentos: Principios y Prácticas*, Zaragoza – España, Acribia.
- Mérida, J; Pérez, M, (2014), *Procesado de alimentos*, Madrid – España, AMV Ediciones.

- Bosquez, E; Colina, M, (2012), *Procesamiento Térmico de Frutas y Hortalizas*, México, Editorial Trillas.
- Maupoey, P; Grau, A; Barat, J; Albors, A, (2010), *Introducción al Secado de Alimentos por Aire Caliente*, Valencia – España, U. P. V. Editorial.
- Anzaldúa, A, (1994), *La Evaluación Sensorial de los Alimentos en la Teoría y la Práctica*, Zaragoza – España, Acribia.
- Fellows, P, (2009), *Tecnología del Procesado de Alimentos: Principios y Prácticas*, Zaragoza – España, Acribia.
- Castro, M & Manosalvas, Y, (2011), *Obtención de Láminas Deshidratadas de Arazá “Eugenia spicata”* (Tesis de Pregrado), Universidad Técnica del Norte, Ibarra – Ecuador.
- Tonguino, M., (2011), *Determinación de las condiciones óptimas para la Deshidratación de dos plantas aromáticas; menta “mentha piperita l” y orégano “Origanum vulgare L”* (Tesis de Pregrado), Universidad Técnica del Norte, Ibarra – Ecuador.
- Gutiérrez P, (2012), *Análisis y Diseño de experimentos*, Bogotá – Colombia, Mc. Graw – Hill.
- Barragán, R, (2012), *Métodos estadísticos aplicado al Diseño de Experimentos*, Ibarra – Ecuador, Universidad Técnica del Norte.
- Guevara J, (2010), *Empacado de Alimentos*, México, Trillas
- Castro, K, (2010), *Tecnología de los alimentos*, México, ediciones de la U.
- Mendoza, E, (2012), *Tecnología de los Alimentos*, Colombia, Mc Graw – Hill.
- Armendáriz, J, (2011), *Pre elaboración y conservación de alimentos*, Madrid – España, Paraninfo.
- Badui, S, (2012), *La ciencia de los Alimentos en la Práctica*, México, Pearson Educación.

- Ray, B; Bhunia, A, (2010), *Fundamentos de Microbiología de los Alimentos*, México, McGraw – Hill.
- Colina M., (2011), *Deshidratación de Alimentos*, México D.F.-México, Editorial Trillas
- Singh, P., Heldman, D., (2013), *Introduction to food engineering*, China, Elsevier, Fourth Edition.
- Castro, A., Rodríguez, L., Vargas, E., (2008) Secado de Uchuva (*Physalis peruviana* L) por aire caliente con precalentamiento de Osmodeshidratación. *Vitae, Volumen 15 (2)*, 226 – 231.
- Ayala A., Mosquera E., Serna L., (2010) Liofilización de Pitahaya Amarilla (*Selenicereus megalanthus*). *Vitae, Volumen 17 (2)*, 121 – 127.
- Márquez, C., Ciro, H., (2002), Deshidratación de Mora de Castilla (*Rubus glaucus*) bajo régimen Convectivo con aire forzado. *Revista Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín, volumen 55 (2)*, 1587 – 1600.
- Giraldo, C., Ayala, A., Serna L., (2012), Influencia de la aplicación de Pulsos de Vacío sobre la Cinética de Deshidratación Osmótica de Pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*). *Vitae, volumen 19 (1)*, S69 – S71.
- Dueñas, Y., Narváez, C., Restrepo, L., (2009), El choque Térmico mejora la aptitud al almacenamiento refrigerado de Pitaya amarilla. *Agronomía Colombiana, volumen 27 (1)*, 105 – 110.
- Vargas, M., Centurión, A., Sauri, E., Tamayo, J., (2005), Industrialización de la Pitahaya (*Hylocereus undatus*): una nueva forma de comercialización. *Revista Mexicana de Agronegocios, volumen IX (16)*, 498 – 509.
- Vargas, L., Centurión, A., Tamayo, J., Tamayo, E. Saucedo, C., Sauri, E., (2010), Vida útil de Pitahaya (*hylocereus undatus*) mínimamente procesada. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, Volumen 11 (2)* 154 – 161.
- Esquivel, P., Ayala, Y., (2012), Características del fruto de la Pitahaya (*Hylocereus* sp.) y su potencial de uso en la industria alimentaria. *Revista*

*Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos, volumen 3 (1), 113 – 129.*

- Osuna, T., Ibarra, M., Muy, M., Valdez, J., Villarreal, M, Hernández, S., (2011) Calidad Postcosecha de frutos de Pitahaya (*Hylocereus undatus* haw.) cosechados en tres estados de madurez. *Revista Fitotecnia Mexicana, volumen 34 (1), 63 – 72.*
- Jordán, D., y otros, (2009), *Producción y exportación de pitahaya al mercado europeo*, Recuperado de: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6307/1/Produccion%20y%20Exportacion%20de%20la%20fruta%20Pitahaya%20hacia%20el%20mercado%20Europeo.pdf>.
- Eroski Consumer (ed.) (2014) *Pitahaya*, Recuperado de: <http://frutas.consumer.es/pitahaya/>
- CEZA, Universidad de Chile, (ed.) (2010) *Pitahaya*, Recuperado de: <http://www.provar.uchile.cl/doc/PITAHAYA%202011.pdf>
- Botanical on line, (2015), *valor nutricional de la pitahaya*, Recuperado de: [http://www.botanical-online.com/pitahaya\\_valor\\_nutricional.htm](http://www.botanical-online.com/pitahaya_valor_nutricional.htm)

## CAPÍTULO VII

### Anexos.

#### **ANEXO 1: HOJA DE ENCUESTA PARA LA EVALUACIÓN SENSORIAL DE LAS LÁMINAS DESHIDRATADAS DE PULPA DE PITAHAYA.**

### **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

#### **FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**

#### **ESCUELA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL.**

#### **HOJA DE ENCUESTA PARA LA EVALUACIÓN SENSORIAL DE LÁMINAS DESHIDRATADAS DE PULPA DE PITAHAYA.**

#### **INTRODUCCIÓN.**

El presente instructivo está orientado a evaluar las características organolépticas del producto terminado.

#### **INSTRUCCIONES PARA EL CATADOR.**

Señor degustador, para realizar la degustación del producto tómese el tiempo necesario y analice detenidamente cada una de las características que se detallan a continuación. Marque con una X los caracteres que usted crea correctos.

#### **CARACTERÍSTICAS A EVALUARSE.**

**Color.** Las láminas de pitahaya deben tener un color blanco con tendencia a beige, y puntos negros dispersos.

**Olor.** Las láminas deben tener un olor suave característico de la fruta.

**Sabor.** Las láminas deben tener un sabor dulce similar al sabor de la fruta.

**Textura.** Las láminas deben tener una textura normal, suave, masticable.

## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

#### ESCUELA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL.

Hoja de encuesta para la evaluación sensorial de láminas deshidratadas de pulpa de Pitahaya.

Fecha.....

Nº de Catador:

.....

CARACTERÍSTICAS	ALTERNATIVAS	MUESTRAS			
COLOR	Muy bueno	T3	T4	T7	T8
	Bueno				
	Regular				
	Malo				
OLOR	Muy bueno				
	Bueno				
	Regular				
	Malo				
SABOR	Muy bueno				
	Bueno				
	Regular				
	Malo				
TEXTURA	Muy bueno				
	Bueno				
	Regular				
	Malo				

**OBSERVACIONES:**

.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....

**ANEXO 2: RANGOS TABULADOS PARA LA VARIABLE COLOR**

CATADOR	T3	T4	T7	T8	SUMA
1	1,00	2,00	3,50	3,50	10,00
2	2,00	2,00	2,00	4,00	10,00
3	2,50	2,50	2,50	2,50	10,00
4	1,00	2,50	2,50	4,00	10,00
5	2,50	4,00	1,00	2,50	10,00
6	2,50	2,50	2,50	2,50	10,00
7	2,00	4,00	2,00	2,00	10,00
8	2,00	4,00	2,00	2,00	10,00
9	3,00	3,00	1,00	3,00	10,00
10	3,50	1,00	2,00	3,50	10,00
$\Sigma X$	22,00	27,50	21,00	29,50	100,00
$\Sigma X^2$	484,00	756,25	441,00	870,25	2551,50
$\bar{X}$	2,20	2,75	2,10	2,95	0,53

**ANEXO 3: RANGOS TABULADOS PARA LA VARIABLE OLOR**

CATADOR	T3	T4	T7	T8	SUMA
1	1,50	1,50	3,50	3,50	10,00
2	2,00	2,00	2,00	4,00	10,00
3	2,50	2,50	2,50	2,50	10,00
4	2,00	2,00	4,00	2,00	10,00
5	2,00	4,00	2,00	2,00	10,00
6	2,50	2,50	2,50	2,50	10,00
7	2,50	2,50	2,50	2,50	10,00
8	2,00	4,00	2,00	2,00	10,00
9	3,00	3,00	1,00	3,00	10,00
10	1,50	1,50	3,50	3,50	10,00
$\Sigma X$	21,50	25,50	25,50	27,50	100,00
$\Sigma X^2$	462,25	650,25	650,25	756,25	2519,00
$\bar{X}$	2,15	2,55	2,55	2,75	0,53

**ANEXO 4: RANGOS TABULADOS PARA LA VARIABLES SABOR**

CATADOR	T3	T4	T7	T8	SUMA
1	2,50	2,50	2,50	2,50	10,00
2	2,00	2,00	2,00	4,00	10,00
3	2,50	2,50	2,50	2,50	10,00
4	1,00	2,50	2,50	4,00	10,00
5	2,00	3,50	1,00	3,50	10,00
6	2,50	2,50	2,50	2,50	10,00
7	2,00	4,00	2,00	2,00	10,00
8	2,00	4,00	2,00	2,00	10,00
9	3,00	3,00	1,00	3,00	10,00
10	3,00	1,00	3,00	3,00	10,00
$\Sigma X$	22,50	27,50	21,00	29,00	100,00
$\Sigma X^2$	506,25	756,25	441,00	841,00	2544,50
$\bar{X}$	2,25	2,75	2,10	2,90	0,53

**ANEXO 5: RANGOS TABULADOS PARA LA VARIABLE TEXTURA**

CATADOR	T3	T4	T7	T8	SUMA
1	1,00	2,00	3,50	3,50	10,00
2	3,00	3,00	3,00	1,00	10,00
3	3,00	1,00	3,00	3,00	10,00
4	1,50	3,50	3,50	1,50	10,00
5	3,00	3,00	1,00	3,00	10,00
6	2,50	2,50	2,50	2,50	10,00
7	3,00	1,00	3,00	3,00	10,00
8	2,00	4,00	2,00	2,00	10,00
9	3,50	1,00	2,00	3,50	10,00
10	3,50	1,00	2,00	3,50	10,00
$\Sigma X$	26,00	22,00	25,50	26,50	100,00
$\Sigma X^2$	676,00	484,00	650,25	702,25	2512,50
$\bar{X}$	2,60	2,20	2,55	2,65	0,53

## **ANEXO 6: CÁLCULOS REFERENCIALES PARA LAS LÁMINAS DESHIDRATADAS DE PITAHAYA.**

### **Cálculo de humedad en base seca para las láminas de pitahaya**

Se tomó la muestra de 520 g o 0,52 Kg de pulpa fresca con una humedad de 82,7%

$$G_{H_2O} = G_i * (\%X)$$

$G_{H_2O}$  = Peso del agua

$$G_{H_2O} = 0,52 \text{ Kg} * 0,827$$

$G_i$  = Peso de la pulpa inicial

$$G_{H_2O} = 0,43004 \text{ Kg}_{H_2O}$$

$\%X$  = Porcentaje de humedad

$S$  = Peso del sólido seco

$$S = G_i - G_{H_2O}$$

$X_{bs}$  = Humedad en base seca

$$S = 0,52 \text{ Kg} - 0,43004 \text{ Kg}$$

$$S = 0,08996 \text{ Kg SS}$$

$$X_{bs} = (G_i - S) / S$$

$$X_{bs} = (0,52 \text{ Kg} - 0,08996 \text{ Kg}) / 0,08996 \text{ Kg}$$

$$X_{bs} = 4,7803 \text{ Kg}_{H_2O} / \text{Kg}_{ss}.$$

### **Cálculo del área del producto a deshidratarse**

Para el cálculo del área se toma en cuenta un espesor de 4 mm, considerando la cara superior donde habrá interacción con el aire del proceso. La densidad aparente se la obtuvo analíticamente.

$$A_s = G_i / (D_a * e_s)$$

$A_s$  = área del sólido

$$A_s = 0,52 \text{ Kg} / (841,13 \text{ Kg/m}^3 * 0,004 \text{ mt})$$

húmedo

$G_i$  = Peso del sólido

$$A_s = 0,154 \text{ m}^2$$

aparente

$D_a$  = Densidad

$e_s$  = espesor del sólido

### **Cálculo de la velocidad de secado**

Para realizar los cálculos de velocidad se tomó un intervalo de tiempo de 30 minutos para la toma de medidas en los tratamientos.

$$W = (S / A_s) * (X_o - X_1 / T_1 - T_o)$$

W = Velocidad

$$W = (0,08996 / 0,154) * (4,7803 - 4,3913 / 0,5 - 0)$$

S = Peso sólido seco

$$W = 0,4545$$

A<sub>s</sub> = área sólido seco

seca

X = humedad en base

T = tiempo

#### ANEXO 7: CUADRO DE DISMINUCIÓN DE PESO EN EL TRATAMIENTO 1 (A1B1C1)

TIEMPO	REPETICIONES			PESO MEDIO
	I	II	III	
horas	g	g	g	g
0,0	0,520	0,520	0,520	0,520
0,5	0,480	0,495	0,505	0,493
1,0	0,445	0,470	0,485	0,467
1,5	0,420	0,450	0,455	0,442
2,0	0,380	0,430	0,440	0,417
2,5	0,355	0,405	0,415	0,392
3,0	0,320	0,380	0,390	0,363
3,5	0,280	0,360	0,370	0,337
4,0	0,245	0,340	0,350	0,312
4,5	0,210	0,320	0,330	0,287
5,0	0,175	0,300	0,310	0,262
5,5	0,170	0,275	0,265	0,237
6,0	0,150	0,250	0,235	0,212
6,5	0,140	0,230	0,190	0,187
7,0	0,125	0,210	0,170	0,168
7,5	0,120	0,190	0,145	0,152
8,0	0,110	0,170	0,135	0,138
8,5	0,108	0,150	0,120	0,126
9,0	0,105	0,135	0,115	0,118
9,5	0,100	0,120	0,110	0,110
10,0	0,100	0,110	0,105	0,105
10,5	0,100	0,105	0,100	0,102
11,0	0,100	0,100	0,100	0,100
11,5	0,100	0,100	0,100	0,100

Datos obtenidos del cuadro 25 y las curvas de secado.

$$X_o = 4,7803 \text{ KgH}_2\text{O/KgSS}$$

$X_o$  = Humedad inicial

$$X_c = 1,2139 \text{ KgH}_2\text{O/KgSS}$$

$X_c$  = Humedad crítica

$$X_f = 0,1116 \text{ KgH}_2\text{O/KgSS}$$

$X_f$  = Humedad final

$$W_c = 0,3247 \text{ KgH}_2\text{O/hm}^2$$

$W_c$  = Velocidad crítica

$$W_f = 0,0216 \text{ KgH}_2\text{O/hm}^2$$

$W_f$  = Velocidad final

$$S = 0,08996 \text{ Kgss}$$

$S$  = Peso de sólido seco

$$A_s = 0,154 \text{ m}^2$$

$A_s$  = Área de sólido

#### ANEXO 8: CUADRO DE DISMINUCIÓN DE PESO EN EL TRATAMIENTO 2 (A1B1C2)

TIEMPO	REPETICIONES			PESO MEDIO
	I	II	III	
horas	g	g	g	g
0,0	0,520	0,520	0,520	0,520
0,5	0,480	0,495	0,495	0,490
1,0	0,440	0,470	0,470	0,460
1,5	0,405	0,445	0,445	0,432
2,0	0,370	0,415	0,420	0,402
2,5	0,330	0,390	0,395	0,372
3,0	0,295	0,360	0,370	0,342
3,5	0,265	0,330	0,340	0,312
4,0	0,230	0,300	0,315	0,282
4,5	0,200	0,270	0,285	0,252
5,0	0,160	0,250	0,260	0,223
5,5	0,130	0,235	0,245	0,203
6,0	0,125	0,210	0,220	0,185
6,5	0,115	0,185	0,200	0,167
7,0	0,105	0,165	0,180	0,150
7,5	0,100	0,150	0,165	0,138
8,0	0,100	0,135	0,150	0,128
8,5	0,100	0,125	0,140	0,122
9,0	0,100	0,115	0,130	0,115
9,5	0,095	0,110	0,120	0,108
10,0	0,095	0,105	0,115	0,105
10,5	0,095	0,105	0,110	0,103
11,0	0,095	0,100	0,105	0,100
11,5	0,095	0,100	0,105	0,100

Datos obtenidos del cuadro 26 y las curvas de secado.

$$X_o = 4,7803 \text{ KgH}_2\text{O/KgSS}$$

$X_o$  = Humedad inicial

$$X_c = 1,6401 \text{ KgH}_2\text{O/KgSS}$$

$X_c$  = Humedad crítica

$$X_f = 0,1116 \text{ KgH}_2\text{O/KgSS}$$

$X_f$  = Humedad final

$$W_c = 0,3680 \text{ KgH}_2\text{O/hm}^2$$

$W_c$  = Velocidad crítica

$$W_f = 0,0433 \text{ KgH}_2\text{O/hm}^2$$

$W_f$  = Velocidad final

$$S = 0,08996 \text{ Kgss}$$

$S$  = Peso de sólido seco

$$A_s = 0,154 \text{ m}^2$$

$A_s$  = Área de sólido

#### ANEXO 9: CUADRO DE DISMINUCIÓN DE PESO EN EL

TIEMPO	REPETICIONES			PESO MEDIO
	I	II	III	
horas	g	g	g	g
0,0	0,520	0,520	0,520	0,520
0,5	0,475	0,495	0,485	0,485
1,0	0,435	0,465	0,455	0,452
1,5	0,390	0,435	0,425	0,417
2,0	0,355	0,400	0,395	0,383
2,5	0,315	0,365	0,365	0,348
3,0	0,275	0,330	0,335	0,313
3,5	0,235	0,300	0,300	0,278
4,0	0,195	0,270	0,265	0,243
4,5	0,155	0,240	0,235	0,210
5,0	0,125	0,205	0,205	0,178
5,5	0,115	0,180	0,180	0,158
6,0	0,105	0,160	0,160	0,142
6,5	0,100	0,140	0,140	0,127
7,0	0,100	0,125	0,125	0,117

### TRATAMIENTO 3 (A1B2C1)

7,5	0,100	0,115	0,115	0,110
8,0	0,095	0,105	0,105	0,102
8,5	0,095	0,100	0,100	0,098
9,0	0,095	0,100	0,100	0,098

Datos obtenidos del cuadro 27 y las curvas de secado.

$$X_o = 4,7803 \text{ KgH}_2\text{O/KgSS}$$

$X_o$  = Humedad inicial

$$X_c = 1,1584 \text{ KgH}_2\text{O/KgSS}$$

$X_c$  = Humedad crítica

$$X_f = 0,0931 \text{ KgH}_2\text{O/KgSS}$$

$X_f$  = Humedad final

$$W_c = 0,4113 \text{ KgH}_2\text{O/hm}^2$$

$W_c$  = Velocidad crítica

$$W_f = 0,0433 \text{ KgH}_2\text{O/hm}^2$$

$W_f$  = Velocidad final

$$S = 0,08996 \text{ Kgss}$$

$S$  = Peso de sólido seco

$$A_s = 0,154 \text{ m}^2$$

$A_s$  = Área de sólido

**ANEXO 10: CUADRO DE DISMINUCIÓN DE PESO EN EL TRATAMIENTO 4 (A1B2C2)**

TIEMPO	REPETICIONES			PESO MEDIO
	I	II	III	
horas	g	g	g	g
0,0	0,520	0,520	0,520	0,520
0,5	0,460	0,475	0,480	0,472
1,0	0,400	0,435	0,440	0,425
1,5	0,345	0,390	0,400	0,378
2,0	0,295	0,345	0,355	0,332
2,5	0,235	0,305	0,320	0,287
3,0	0,190	0,255	0,280	0,242
3,5	0,160	0,210	0,240	0,203
4,0	0,130	0,175	0,200	0,168
4,5	0,115	0,150	0,170	0,145
5,0	0,105	0,125	0,145	0,125
5,5	0,100	0,110	0,120	0,110
6,0	0,095	0,100	0,110	0,102
6,5	0,095	0,095	0,100	0,097
7,0	0,095	0,095	0,095	0,095
7,5	0,090	0,095	0,095	0,093
8,0	0,090	0,090	0,095	0,092
8,5	0,090	0,090	0,090	0,090
9,0	0,090	0,090	0,090	0,090

Datos obtenidos del cuadro 28 y las curvas de secado.

$$X_o = 4,7803 \text{ KgH}_2\text{O/KgSS}$$

$X_o$  = Humedad inicial

$$X_c = 1,9365 \text{ KgH}_2\text{O/KgSS}$$

$X_c$  = Humedad crítica

$$X_f = 0,0004 \text{ KgH}_2\text{O/KgSS}$$

$X_f$  = Humedad final

$$W_c = 0,5844 \text{ KgH}_2\text{O/hm}^2$$

$W_c$  = Velocidad crítica

$$W_f = 0,0216 \text{ KgH}_2\text{O/hm}^2$$

$W_f$  = Velocidad final

$$S = 0,08996 \text{ Kgss}$$

$S$  = Peso de sólido seco

$$A_s = 0,154 \text{ m}^2$$

$A_s$  = Área de sólido

**ANEXO 11: CUADRO DE DISMINUCIÓN DE PESO EN EL**

TIEMPO	REPETICIONES			PESO MEDIO
	I	II	III	
horas	g	g	g	g
0,0	0,520	0,520	0,520	0,520
0,5	0,490	0,495	0,490	0,492
1,0	0,465	0,470	0,460	0,465
1,5	0,440	0,445	0,430	0,438
2,0	0,415	0,420	0,400	0,412
2,5	0,390	0,395	0,370	0,385
3,0	0,365	0,370	0,340	0,358
3,5	0,340	0,345	0,315	0,333
4,0	0,315	0,325	0,290	0,310
4,5	0,290	0,305	0,265	0,287
5,0	0,265	0,285	0,240	0,263
5,5	0,240	0,260	0,215	0,238
6,0	0,220	0,240	0,185	0,215
6,5	0,195	0,220	0,170	0,195
7,0	0,175	0,205	0,150	0,177
7,5	0,160	0,185	0,135	0,160
8,0	0,145	0,170	0,125	0,147
8,5	0,130	0,155	0,115	0,133

**TRATAMIENTO 5 (A2B1C1)**

9,0	0,120	0,140	0,105	0,122
9,5	0,110	0,130	0,100	0,113
10,0	0,100	0,120	0,100	0,107
10,5	0,095	0,110	0,095	0,100
11,0	0,095	0,105	0,095	0,098
11,5	0,095	0,105	0,095	0,098

Datos obtenidos del cuadro 29 y las curvas de secado.

$$X_o = 4,7803 \text{ KgH}_2\text{O/KgSS}$$

$X_o$  = Humedad inicial

$$X_c = 1,7883 \text{ KgH}_2\text{O/KgSS}$$

$X_c$  = Humedad crítica

$$X_f = 0,0931 \text{ KgH}_2\text{O/KgSS}$$

$X_f$  = Humedad final

$$W_c = 0,3247 \text{ KgH}_2\text{O/hm}^2$$

$W_c$  = Velocidad crítica

$$W_f = 0,0216 \text{ KgH}_2\text{O/hm}^2$$

$W_f$  = Velocidad final

$$S = 0,08996 \text{ Kgss}$$

S = Peso de sólido seco

$$A_s = 0,154 \text{ m}^2$$

A<sub>s</sub> = Área de sólido

### ANEXO 12: CUADRO DE DISMINUCIÓN DE PESO EN EL

TIEMPO	REPETICIONES			PESO MEDIO
	I	II	III	
horas	g	g	g	g
0,0	0,520	0,520	0,520	0,520
0,5	0,495	0,490	0,490	0,492
1,0	0,465	0,465	0,460	0,463
1,5	0,435	0,435	0,435	0,435
2,0	0,405	0,405	0,410	0,407
2,5	0,380	0,380	0,370	0,377
3,0	0,350	0,355	0,340	0,348
3,5	0,320	0,325	0,310	0,318
4,0	0,295	0,295	0,280	0,290
4,5	0,270	0,270	0,250	0,263
5,0	0,245	0,245	0,220	0,237
5,5	0,225	0,225	0,200	0,217
6,0	0,210	0,210	0,175	0,198
6,5	0,190	0,190	0,165	0,182
7,0	0,175	0,175	0,145	0,165

### TRATAMIENTO 6 (A2B1C2)

7,5	0,160	0,160	0,135	0,152
8,0	0,145	0,150	0,125	0,140
8,5	0,135	0,135	0,120	0,130
9,0	0,125	0,125	0,115	0,122
9,5	0,120	0,120	0,110	0,117
10,0	0,115	0,115	0,105	0,112
10,5	0,110	0,110	0,105	0,108
11,0	0,105	0,105	0,105	0,105
11,5	0,105	0,105	0,105	0,105

Datos obtenidos del cuadro 30 y las curvas de secado.

$$X_o = 4,7803 \text{ KgH}_2\text{O/KgSS}$$

X<sub>o</sub> = Humedad inicial

$$X_c = 1,7790 \text{ KgH}_2\text{O/KgSS}$$

X<sub>c</sub> = Humedad crítica

$$X_f = 0,1672 \text{ KgH}_2\text{O/KgSS}$$

X<sub>f</sub> = Humedad final

$$W_c = 0,3463 \text{ KgH}_2\text{O/hm}^2$$

$W_c$  = Velocidad crítica

$$W_f = 0,0433 \text{ KgH}_2\text{O/hm}^2$$

$W_f$  = Velocidad final

$$S = 0,08996 \text{ Kgss}$$

$S$  = Peso de sólido seco

$$A_s = 0,154 \text{ m}^2$$

$A_s$  = Área de sólido

**ANEXO 13: CUADRO DE DISMINUCIÓN DE PESO EN EL TRATAMIENTO 7 (A2B2C1)**

TIEMPO horas	REPETICIONES			PESO MEDIO g
	I g	II g	III g	
0,0	0,520	0,520	0,520	0,520
0,5	0,485	0,480	0,480	0,482
1,0	0,450	0,445	0,440	0,445
1,5	0,415	0,410	0,400	0,408
2,0	0,380	0,375	0,360	0,372
2,5	0,345	0,340	0,320	0,335
3,0	0,310	0,305	0,280	0,298
3,5	0,275	0,270	0,245	0,263
4,0	0,240	0,235	0,210	0,228
4,5	0,210	0,205	0,175	0,197
5,0	0,185	0,175	0,155	0,172

5,5	0,160	0,155	0,135	0,150
6,0	0,140	0,135	0,120	0,132
6,5	0,125	0,120	0,110	0,118
7,0	0,110	0,110	0,100	0,107
7,5	0,105	0,100	0,095	0,100
8,0	0,095	0,095	0,090	0,093
8,5	0,090	0,090	0,090	0,090
9,0	0,090	0,090	0,090	0,090

Datos obtenidos del cuadro 31 y las curvas de secado.

$$X_o = 4,7803 \text{ KgH}_2\text{O/KgSS}$$

$X_o$  = Humedad inicial

$$X_c = 1,7327 \text{ KgH}_2\text{O/KgSS}$$

$X_c$  = Humedad crítica

$$X_f = 0,0004 \text{ KgH}_2\text{O/KgSS}$$

$X_f$  = Humedad final

$$W_c = 0,4545 \text{ KgH}_2\text{O/hm}^2$$

$W_c$  = Velocidad crítica

$$W_f = 0,0433 \text{ KgH}_2\text{O/hm}^2$$

$W_f$  = Velocidad final

$$S = 0,08996 \text{ Kgss}$$

$S$  = Peso de sólido seco

$$A_s = 0,154 \text{ m}^2$$

$A_s$  = Área de sólido

#### ANEXO 14: CUADRO DE DISMINUCIÓN DE PESO EN EL TRATAMIENTO 8 (A2B2C2)

TIEMPO	REPETICIONES			PESO MEDIO
	I	II	III	
horas	g	g	g	g
0,0	0,520	0,520	0,520	0,520
0,5	0,480	0,480	0,475	0,478
1,0	0,440	0,445	0,425	0,437
1,5	0,400	0,400	0,380	0,393
2,0	0,360	0,360	0,335	0,352
2,5	0,320	0,325	0,285	0,310
3,0	0,280	0,285	0,245	0,270
3,5	0,240	0,245	0,205	0,230
4,0	0,205	0,205	0,160	0,190
4,5	0,180	0,180	0,140	0,167
5,0	0,155	0,155	0,125	0,145
5,5	0,135	0,135	0,110	0,127
6,0	0,120	0,120	0,105	0,115
6,5	0,110	0,110	0,100	0,107
7,0	0,105	0,105	0,100	0,103
7,5	0,100	0,100	0,100	0,100
8,0	0,100	0,100	0,095	0,098
8,5	0,100	0,100	0,095	0,098
9,0	0,100	0,100	0,095	0,098

Datos obtenidos del cuadro 32 y las curvas de secado.

$$X_o = 4,7803 \text{ KgH}_2\text{O/KgSS}$$

$X_o$  = Humedad inicial

$$X_c = 1,3344 \text{ KgH}_2\text{O/KgSS}$$

$X_c$  = Humedad crítica

$$X_f = 0,0931 \text{ KgH}_2\text{O/KgSS}$$

$X_f$  = Humedad final

$$W_c = 0,5195 \text{ KgH}_2\text{O/hm}^2$$

Wc = Velocidad crítica

$$W_f = 0,0216 \text{ KgH}_2\text{O/hm}^2$$

Wf = Velocidad final

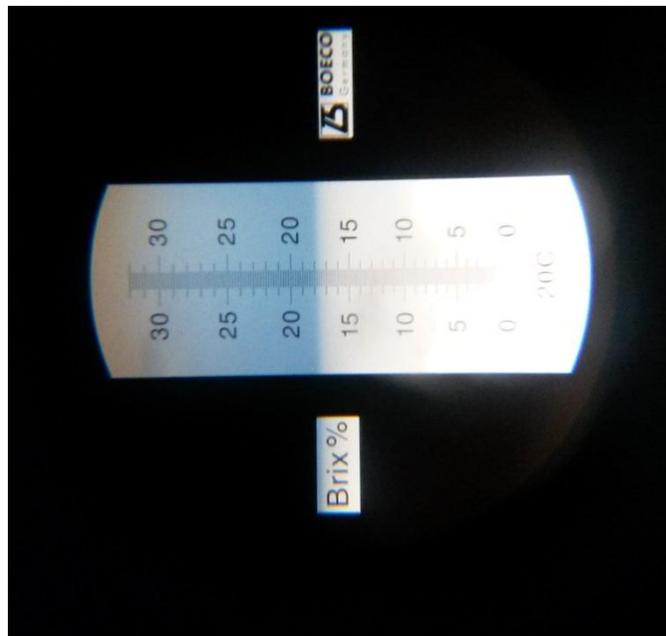
$$S = 0,08996 \text{ Kgss}$$

S = Peso de sólido seco

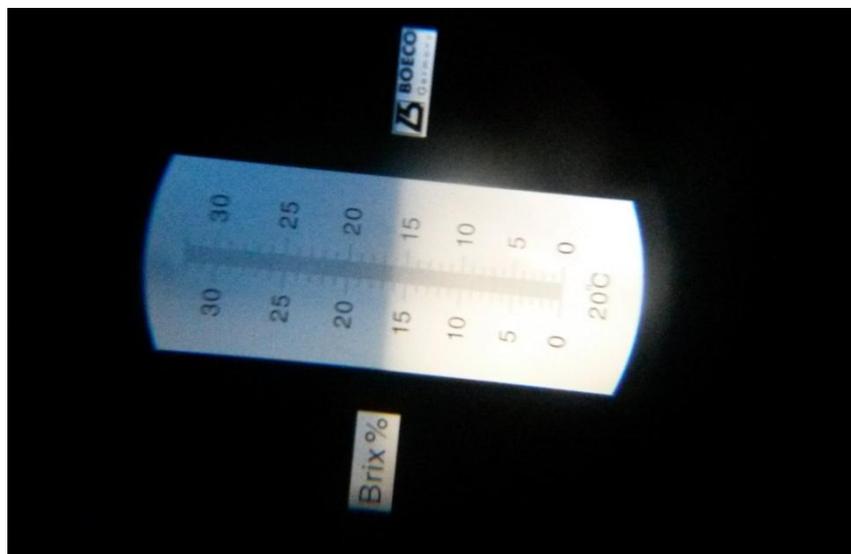
$$A_s = 0,154 \text{ m}^2$$

As = Área de sólido

### ANEXO 15: RANGO DE ° BRIX PARA FRUTA MADURA



**ANEXO 16: RANGO DE ° BRIX PARA FRUTA PINTONA**



# ANEXO 17: ANÁLISIS DE LABORATORIO DE LOS 8 TRATAMIENTOS



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN 062 – CONEA – 2016 – 129 – DG.  
Resolución No. 001 – 073 – CEAACES – 2013 – 13

### FICAYA

Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos

Informe N°:	40-2015
Análisis solicitado por:	Sr. Mauricio Andrade
Empresa:	Particular
Muestreado:	Propietario
Fecha de recepción:	28 de abril de 2015
Fecha de entrega informe:	07 de mayo de 2015
Ciudad:	Ibarra
Provincia:	Imbabura

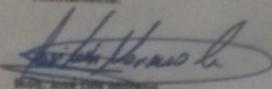
Parámetro Analizado	Unidad	Resultado						Método de ensayo
		T1R1	T1R2	T1R3	T2R1	T2R2	T2R3	
Contenido de humedad	g/100 g	4,00	4,00	4,00	5,95	5,95	4,01	AGAC 925.10
pH	-----	5,02	4,95	5,09	5,01	5,02	4,89	AGAC 981.12
*Brix	-----	79,53	78,30	81,90	80,00	81,61	80,80	AGAC 992.14C

Parámetro Analizado	Unidad	Resultado						Método de ensayo
		T3R1	T3R2	T3R3	T4R1	T4R2	T4R3	
Contenido de humedad	g/100 g	5,05	4,01	4,95	7,04	5,05	6,97	AGAC 925.10
pH	-----	4,94	5,00	4,88	4,54	4,92	4,82	AGAC 981.12
*Brix	-----	74,22	90,40	74,46	81,00	78,27	75,10	AGAC 992.14C

Los resultados obtenidos pertenecen exclusivamente para las muestras analizadas

Atentamente:



Técnico de Laboratorio



Institucional  
Universidad Técnica del Norte en el año 2020 será un referente en ciencia, tecnología e innovación en el país, con estándares de excelencia institucional

Av. 17 de Julio 5-21 y José María  
Córdova, Ibarra, Ecuador  
Teléfono: (05056)800  
Fax: 041-7711  
Email: utn@utn.edu.ec  
www.utn.edu.ec  
Ibarra - Ecuador

## ANEXO 18: ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
UTN  
EQUADOR

### UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN 002 – CONEA – 2010 – 129 – DC.  
Resolución No. 001 – 073 – CEAACES – 2013 – 13

**FICAYA**  
*Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos*

Informe Nº:	44-2015
Análisis solicitado por:	Sr. Mauricio Andrade
Empresa:	Particular
Muestreado:	Propietario
Fecha de recepción:	07 de mayo de 2015
Fecha de entrega Informe:	12 de mayo de 2015
Ciudad:	Ibarra
Provincia:	Imbabura

Parámetro Analizado	Unidad	Resultado			Metodo de ensayo
		T1	T2	T3	
Recuento Aerobios Mesófilos	UFC/g	< 10	< 10	< 10	AOAC 989.10
Recuento de Coliformes	UFC/g	0	0	0	
Recuento de <i>E. coli</i>	UFC/g	0	0	0	
Recuento de Mohos	UFC/g	50	40	80	AOAC 997.02
Recuento de Levaduras	UFC/g	10	150	100	

*Los resultados obtenidos pertenecen exclusivamente para las muestras analizadas*

Atentamente:

Bioq. José Luis Moreno  
Técnico de Laboratorio

Av. 17 de Julio S-21 y José María  
Córdova, Barrio El Olivo  
Teléfono: (06)2997800  
Fax: Ext. 7711  
Email: utn@utn.edu.ec  
www.utn.edu.ec  
Ibarra - Ecuador

**Visión Institucional**  
La Universidad Técnica del Norte en el año 2020, será un referente en ciencia, tecnología e innovación en el país, con estándares de excelencia institucionales.

**ANEXO 19: PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS PERMITIDOS  
SEGÚN NORMAS INEN 1529**

<b>Requisitos</b>	<b>Unidad</b>	<b>n</b>	<b>m</b>	<b>M</b>	<b>c</b>	<b>Método de ensayo</b>
Escherichia coli	NMP/g	5	10	5x10 <sup>2</sup>	0	NTE INEN 1529-8
Recuento de mohos y levaduras	UFC/g	5	1,0x10 <sup>2</sup>	1,0 x 10 <sup>3</sup>	2	NTE INEN 1529-10

En donde:

n = número de muestras

m = índice mínimo permisible para identificar nivel de buena calidad

M = índice máximo permisible para identificar nivel de buena calidad

C = número de muestras permitidas con resultado entre m y M

**ANEXO 20: NORMAS INEN NTE 2 337:2008; NTE INEN 2996:2015 Y NTE  
INEN 2 003: 2005**