



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA

DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA Y SECADO LAMINAR DE PLÁTANO MACHO (*Musa balbisiana*) EN SOLUCIONES BINARIAS DE SACAROSA Y NaCl.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO BIOQUÍMICO

P R E S E N T A N

**NEREYDA ACOSTA GARCÍA
DIANA LAURA MARTÍNEZ RIVERA**

ASESOR:
DR. GUSTAVO MARTÍNEZ CASTELLANOS

MISANTLA, VERACRUZ

OCTUBRE, 2020



**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

FECHA: 02 de Octubre de 2020.

ASUNTO: **AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN
DE TESIS PROFESIONAL.**

A QUIEN CORRESPONDA:

Por medio de la presente hago constar que el (la) C:

NEREYDA ACOSTA GARCÍA

pasante de la carrera de INGENIERÍA BIOQUÍMICA con No. de Control 152T0039 ha cumplido satisfactoriamente con lo estipulado por el **Manual de Procedimientos para la Obtención del Título Profesional de Licenciatura** bajo la opción **Titulación Integral (Tesis Profesional)**

Por tal motivo se **Autoriza** la impresión del Tema titulado:

**“DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA Y SECADO LAMINAR DE PLÁTANO MACHO
(Musa balbisiana) EN SOLUCIONES BINARIAS DE SACAROSA Y NaCl”**

Dándose un plazo no mayor de un mes de la expedición de la presente a la solicitud del Acto de Recepción para la obtención del Título Profesional.

ATENTAMENTE

**ING. GERBACIO TLAXALO ESPINOZA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES**



Archivo.



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

FECHA: 02 de Octubre de 2020.

ASUNTO: **AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN**
DE TESIS PROFESIONAL.

A QUIEN CORRESPONDA:

Por medio de la presente hago constar que el (la) C:

DIANA LAURA MARTÍNEZ RIVERA

pasante de la carrera de INGENIERÍA BIOQUÍMICA con No. de Control 152T0058 ha cumplido satisfactoriamente con lo estipulado por el **Manual de Procedimientos para la Obtención del Título Profesional de Licenciatura** bajo la opción **Titulación Integral (Tesis Profesional)**

Por tal motivo se **Autoriza** la impresión del **Tema** titulado:

“DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA Y SECADO LAMINAR DE PLÁTANO MACHO (Musa balbisiana) EN SOLUCIONES BINARIAS DE SACAROSA Y NaCl”

Dándose un plazo no mayor de un mes de la expedición de la presente a la solicitud del Acto de Recepción para la obtención del Título Profesional.

ATENTAMENTE

ING. GERBACIO TLAXALO ESPINOZA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES



Archivo.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, le agradezco a Dios por permitirme llegar hasta aquí, por ser un pilar fuerte en mi vida y brindarme una vida llena de aprendizajes, enseñanzas, salud y felicidad. Por estar siempre en los momentos de alegría y momentos difíciles, por brindarme su amor y bondad.

También le agradezco mucho a mis padres Tomas y Lucia, mis hermanos Alma, Emilio y Leticia por su apoyo incondicional; por sus consejos brindados durante toda mi vida, los cuales me han aportados momentos de gran felicidad y a su vez de tristeza. También le agradezco mucho a mi tío Álvaro, el cual desde muy chica me fué inculcando el amor por el estudio, el deseo por aprender, sus enseñanzas, sus historias y por muchas cosas más.

Gracias a todos mis maestros por su esfuerzo y dedicación para poder transmitirme sus conocimientos, así como sus anécdotas, risas, etc. Pero sobre todo quiero agradecerle a mi asesor el Dr. Gustavo Martínez Castellanos por brindarme toda su ayuda pude concluir con gran éxito mi carrera.

Gracias a Nere, Isma, Carlos y Celtzin por brindarme todo su apoyo y cariño en todo este tiempo, de ustedes aprendí muchas cosas por las cuales siempre las tendré presente por el resto de mi vida.

Diana Laura Martínez Rivera

A mis Padres Jesús y Sandra, mis hermanos Rafael y Mayra, les agradezco no solo por su apoyo y por estar presentes aportando cosas buenas a mi vida, también por los grandes momentos de felicidad y de diversas emociones que siempre me han causado.

Gracias a mis maestros por su arduo trabajo de transmitirme sus diversos conocimientos, en especial mi asesor Dr. Gustavo Martínez Castellanos que ha sido un ejemplo de superación para mí y gracias a su ayuda pude concluir con éxito.

Gracias a mis compañeros y algunos más que compañeros fueron amigos, quienes sin esperar nada a cambio compartieron conmigo su conocimiento, alegrías y tristezas, y a todos aquellos que han recorrido conmigo este arduo y difícil camino y lo han hecho más ameno.

Muchas gracias a todos.

Nereyda Acosta García

DEDICATORIAS

Este trabajo se lo dedico a mi madre Lucia Rivera y Morales; por todo el amor que me ha dado, por sus consejos, por ser mi soporte cuando estoy a punto de caer y sobre todo por estar siempre en las buenas y en las malas conmigo y por creer en mi capacidad. También a mi padre Tomas Martínez y Alonso, por brindarme la confianza por darme ese gran apoyo para poder lograr este nuevo logro todo esto se lo debo a ustedes que me motivan para seguir alcanzando mis metas.

Diana Laura Martínez Rivera

Mi tesis la dedico con todo mi amor y cariño a mis amados padres Jesús Acosta Sánchez y Sandra García Cruz por su sacrificio y esfuerzo constante, por darme una carrera y por creer en mi capacidad. Este nuevo logro se los debo a ustedes que me aconsejaron y me formaron con reglas y con algunas libertades, pero, sobre todo, me motivaron incesantemente para alcanzar mis metas.

Nereyda Acosta García

RESUMEN

En el presente trabajo se llevó a cabo la deshidratación osmótica de plátano macho en soluciones binarias de sacarosa y cloruro de sodio (NaCl). Se utilizó un diseño de experimentos por bloques, tomando en cuenta la concentración de los solutos. Se utilizaron concentraciones de 40, 50 y 60 % de sacarosa (Castillo, M. y Cornejo, F., 2010) y 5, 10 y 15 % de NaCl (Gloria Rodríguez *et al.*, 2012), y temperaturas de 20, 40 y 60 °C para todos los tratamientos, así mismo con sus respectivos triplicados. Posteriormente antes de llevar a cabo el proceso de deshidratación osmótica se pesaron las rodajas y obtuvieron las dimensiones (espesor y diámetro) con un lapso total de 12 horas, donde se estudió la evolución de la pérdida de peso en las rebanadas del plátano durante cada hora. Después de las 12 horas se volvieron a sacar las dimensiones (espesor y diámetro) y el peso de las muestras. Con la finalidad de obtener un mejor producto, se llevó a cabo un proceso posterior a la deshidratación osmótica el cual consistió en un tratamiento de secado por flujo laminar ocupando una temperatura de 60°C para todos los análisis durante 6 horas; una vez terminado el proceso se volvió a pesar y obtener las dimensiones (espesor y diámetro) de las muestras de *Musa balbisiana*. Una vez llevado a cabo el proceso anterior se obtuvieron resultados favorables para la temperatura de 60°C en el tratamiento 7, ya que tuvo una mayor pérdida de peso, con un promedio de 42.5270 %; por lo tanto, en la temperatura 40°C el tratamiento 7 tuvo una pérdida de peso menor, con un promedio de 38.6644 %, finalmente, en la temperatura a 20°C en el tratamiento 7 tuvo una menor pérdida de pesaje con un promedio de 24.5594 %. En combinación con una deshidratación osmótica a una temperatura igual a 60°C y por flujo laminar se obtuvieron resultados favorables para el tratamiento 1, teniendo una pérdida de peso de 58.9695 %. También la mejor temperatura en la disminución del espesor fue a 60 °C en el tratamiento 9, en el cual su espesor después del secado por flujo laminar disminuyó al 54.91 %. Posteriormente en la disminución del diámetro se obtuvo un resultado del 19.40 % en el tratamiento 9 a una temperatura de 60 °C.

Palabras clave: Deshidratación osmótica (D.O), Grados Brix (°Bx), secado por flujo laminar, Horas (hrs).

INDICE GENERAL

CAPÍTULO I - PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
1.1 Introducción	15
1.3 Justificación	16
1.4 Objetivos.....	17
1.4.1 Objetivo general.....	17
1.4.2 Objetivos específicos	17
1.5 Hipótesis.....	17
CAPÍTULO II - MARCO TEÓRICO.....	19
2.1 Plátano (<i>Musa balbisiana</i>).....	19
2.1.1 Generalidades del plátano.	19
2.1.2 Origen.....	20
2.1.3 Taxonomía.....	20
2.1.4 Producción.....	21
2.2 Deshidratación	23
2.2.1 Deshidratación natural.	24
2.2.2 Deshidratación por congelamiento.....	25
2.2.3 Deshidratación por aire seco	25
2.3 Efecto de la deshidratación en frutas y verduras.....	25
2.3.1 Cambios en las propiedades físicas de frutas y verduras deshidratadas	27
2.4 Deshidratación osmótica.....	28
2.4.1 Principios y fundamentos	30
2.4.2 Efecto en los tejidos y mecanismo de transporte	30
2.5 Agente osmótico	33

2.5.1 Jarabes.....	34
2.6 Mecanismos y factores que influyen en la transferencia de masa.....	35
CAPÍTULO III - MATERIALES Y MÉTODOS	37
3.1 Obtención del material vegetal.....	38
3.2 Sacarosa (azúcar) y Sal.....	39
3.2.2 Diseño experimental	42
3.2.3 Elaboración de las soluciones para la deshidratación osmótica.....	43
3.2.4 Determinación de la pérdida de peso.....	47
3.3 Secado en estufa de flujo laminar	48
CAPÍTULO IV - RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	51
4.1 Deshidratación osmótica a T = 20°C.....	51
4.2 Deshidratación osmótica a T = 40 °C.....	62
4.3 Deshidratación osmótica a T = 60°C.....	72
4.4 Secado por flujo laminar	82
4.5 Espesor	85
4.6 Diámetro	88
4.7 Análisis microbiológicos	91
5.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	93
5.1 Conclusiones	93
5.2 Recomendaciones.	95
6. REFERENCIAS.....	96
7. ANEXOS.....	103

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Planta de plátano macho (<i>Musa balbisiana</i>). (Fuente: http://fundacionorotava.es/portal/databases).	19
Figura 2. Plátano macho (<i>Musa balbisiana</i>). (Fuente: SIAP, 2017)	20
Figura 3. Producción anual de los estados productores de plátano macho en México. (Fuente: CIAT, 2017, SIACON, 2018 y SIAP, 2018).	22
Figura 4. Producción de plátano en México entre los años 2007-2016 (Fuente: SIAP, 2016).	23
Figura 5. Plasmólisis de la célula en el proceso de osmodeshidratación. a) célula vegetal normal, b) célula vegetal deshidratada osmóticamente.	31
Figura 6. Esquema general de trabajo para la deshidratación osmótica del plátano <i>Musabalbisiana</i>	37
Figura 7. Plátano con grado 3 de madurez.....	38
Figura 8 (a) Lavado y (b) cortado del plátano macho (<i>Musa balbisiana</i>).....	39
Figura 9. Pesaje de 400, 500 y 600 g. de Sacarosa	43
Figura 10. 50, 100 y 150 gramos de sal.	44
Figura 11. Matraces (1 L) con agua, sal y sacarosa empezando a disolverse.	44
Figura 12. Matraces a forados (1000 ml) con agua, sacarosa y sal.	44
Figura 13. Agregando 100 mL de la solución preparada en un frasco.	45
Figura 14. Medición del espesor de la rebanada del plátano, previo a deshidratar..	45
Figura 15. Rebanada de plátano en la solución.....	46
Figura 16. Sacando la rebanada de la solución después de 1 hora.....	46
Figura 17. Secando la rebana del plátano para que posteriormente sea pesado. ...	47
Figura 18. Pesaje de la rebanada después de 1 hora de estar en la solución.	47
Figura 19. Rebanadas de plátano después de la deshidratación.....	49
Figura 20. Medición el espesor antes del flujo laminar.	49

Figura 21. Rebanadas en el horno.	49
Figura 22. Malla con rebanas después de 6 horas de estar en el horno a 60°C.	50
Figura 23. Midiendo el espesor después del secado.	50
Figura 24. Peso perdido (%) del tratamiento 1 (T1).	51
Figura 25. Peso perdido (%) del tratamiento 2 (T2).	53
Figura 26. Peso perdido (%) del tratamiento 3 (T3).	54
Figura 27. Peso perdido (%) del tratamiento 4 (T4).	55
Figura 28. Peso perdido (%) del tratamiento 5 (T5).	56
Figura 29. Peso perdido (%) del tratamiento 6 (T6).	57
Figura 30. Peso perdido (%) del tratamiento 7 (T7).	58
Figura 31. Peso perdido (%) del tratamiento 8 (T8).	59
Figura 32. % Peso perdido del tratamiento 9 (T9).	60
Figura 33. Porcentaje de pérdida de peso del plátano macho (<i>Musa balbisiana</i>) en deshidratación osmótica a 20 °C.	61
Figura 34. Peso perdido (%) del tratamiento 1 (T1).	62
Figura 35. Peso perdido (%) del tratamiento 2 (T2).	63
Figura 36. Peso perdido (%) del tratamiento 3 (T3).	64
Figura 37. Peso perdido (%) del tratamiento 4 (T4).	65
Figura 38. Peso perdido (%) del tratamiento 5 (T5).	66
Figura 39. Peso perdido (%) del tratamiento 6 (T6).	67
Figura 40. Peso perdido (%) del tratamiento 7 (T7).	68
Figura 41. Peso perdido (%) del tratamiento 8 (T8).	69
Figura 42. Peso perdido (%) del tratamiento 9 (T9).	70
Figura 43. Porcentaje de pérdida de peso del plátano macho (<i>Musa balbisiana</i>) en deshidratación osmótica a 40 °C.	71
Figura 44. Peso perdido (%) del tratamiento 1 (T1).	72

Figura 45. Peso perdido (%) del tratamiento 2 (T2).....	73
Figura 46. Peso perdido (%) del tratamiento 3 (T3).....	74
Figura 47. Peso perdido (%) del tratamiento 4 (T4).....	75
Figura 48. Peso perdido (%) del tratamiento 5 (T5).....	76
Figura 49. Peso perdido (%) del tratamiento 6 (T6).....	77
Figura 50. Peso perdido (%) del tratamiento 7 (T7).....	78
Figura 51. Peso perdido (%) del tratamiento 8 (T8).....	79
Figura 52. Peso perdido (%) del tratamiento 9 (T9).....	80
Figura 53. Porcentaje de pérdida de peso del plátano macho (<i>Musa balbisiana</i>) en deshidratación osmótica a 60 °C.	81
Figura 54. Porcentaje de pérdida de peso del fruto plátano macho (<i>Musa balbisiana</i>) en secado por flujo laminar a 60 °C y deshidratación osmótica a 20 ° C.	82
Figura 55. Porcentaje de pérdida de peso en el fruto Plátano Macho (<i>Musa balbisiana</i>) en secado por flujo laminar a 60 °C y deshidratación osmótica a 40 ° C.	83
Figura 56. Porcentaje de pérdida de peso en el fruto plátano Macho (<i>Musa balbisiana</i>) en secado por flujo laminar a 60 °C y deshidratación osmótica a 60 ° C.	84
Figura 57. Porcentaje de la disminución en el espesor de rodajas del Plátano Macho (<i>Musa balbisiana</i>) a 20 °C.	85
Figura 58. Porcentaje de la disminución en el espesor de rodajas del Plátano Macho (<i>Musa balbisiana</i>) a 40 °C.	86
Figura 59. Porcentaje de la disminución en el espesor de rodajas del Plátano Macho (<i>Musa balbisiana</i>) a 60 °C.	87
Figura 60. Porcentaje de la disminución en el diámetro de rodajas del Plátano Macho (<i>Musa balbisiana</i>) a 20 °C	88
Figura 61. Porcentaje de la disminución en el diámetro de rodajas del Plátano Macho (<i>Musa balbisiana</i>) a 40 °C.	89

Figura 62. Porcentaje de la disminución en el diámetro de rodajas del Plátano Macho (<i>Musa balbisiana</i>) a 60 °C.	90
Figura 63. Etapas de maduración de <i>Musa balbisiana</i>	116

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Clasificación taxonómica del plátano macho (Musa balbisiana)</i>	21
Tabla 2. Cambios químicos en los nutrientes principales de la pulpa del plátano.....	26
Tabla 3. Ventajas de algunos agentes osmóticos.	34
Tabla 4. Tabla referencial de artículos sobre deshidratación osmótica de frutos.	40
Tabla 5. Combinaciones de los tratamientos para la deshidratación osmótica.....	42
Tabla 6. Análisis de la calidad microbiológica realizado en muestras de plátano macho (<i>Musa balbisiana</i>) deshidratado.....	91

CAPÍTULO I - PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Introducción

En la región de Veracruz el plátano es un producto muy conocido, es sembrado, cosechado y consumido por los pobladores; en la región se produce 325,564 toneladas de plátano al año, es un alimento de gran aceptación a nivel mundial, además de la importancia socioeconómica que tiene y por considerarse, no sólo por ser uno de los componentes principales de la canasta familiar, si no que ha contribuido significativamente en la generación de empleo y como fuente de materia prima en las industrias procesadoras de alimentos para consumo humano (SIAP,2012).

Un gran problema que presentan muchas de las cosechas de la región, es la pérdida del producto, debido a la falta de estándares de calidad; malas prácticas de manejo, y personal que carece de la capacitación necesaria (Pérez, 2015); también la falta de tecnologías que permitan someter a procesos de transformación de los productos hortofrutícolas para evitar las pérdidas, utilizando alternativas de aprovechamiento y reservación de ciertos tipos de alimentos, como es el caso de algunos productos que son, muy sensibles al deterioro microbiano, incluso en condiciones de refrigeración.

El porcentaje de agua presente en los alimentos es muy variado, particularmente en algunas frutas y verduras frescas supera el 80%, por lo que exhiben alta actividad metabólica, susceptibilidad a los ataques de microorganismos y al desencadenamiento de procesos de naturaleza química que actúan en detrimento de su calidad. Estas características y la corta vida útil inherente representan el mayor obstáculo para la comercialización de los productos hortofrutícolas frescos. Por ende, la estabilidad y las características fisicoquímicas, la seguridad microbiológica y los aspectos organolépticos de las frutas y las verduras están determinados por su constituyente principal: el agua.

Por lo tanto, a este producto plátano macho (*Musa balbisiana*) se le realizara una técnica de deshidratación osmótica (DO) la cual es aplicada a los productos hortofrutícolas, permitiendo reducir el contenido de humedad e incrementar el

contenido de sólidos solubles. La deshidratación osmótica es una técnica que, aplicada a productos frutales y hortícolas, permite reducir su contenido de humedad hasta un 50-60 % e incrementar el contenido de sólidos solubles. Si bien el producto obtenido no es estable para su conservación, su composición química permite obtener, después de un secado con aire caliente o temperatura fría, un producto final de buena calidad organoléptica, el proceso osmótico es usualmente combinado con otra técnica de preservación que permita extender la vida útil del alimento (Della Rocca P. 2010).

Desde el punto de vista biológico, el plátano es una de las frutas que presenta las más grandes pérdidas por descomposición después de la cosecha debido a ser extremadamente perecederos y no permite el uso de congelación para su conservación. Sin embargo, en el estado de Veracruz las pérdidas de plátano macho (*Musa balbisiana*) han logrado a ascender a 22,680 toneladas al año (SIAP, 2017), debido a las condiciones climatológicas en que se encuentre y la falta de técnicas de conservación. Por lo tanto, en la zona de San Rafael no existen suficientes metodologías implementadas para el aprovechamiento de este producto, por lo cual, se requiere del desarrollo de metodologías experimentales que prolongue la vida útil del producto. Actualmente diversos estudios han abordado varios temas sobre la deshidratación osmótica en diferentes frutas, incluyendo el método del secado de flujo laminar, sin embargo, en esta región y particularmente en el Instituto Tecnológico Superior de Misantla, se a propuesto un proyecto que abarca los temas mencionados anteriormente, relacionándose con el plátano macho (*Musa balbisiana*).

Actualmente existe una amplia tendencia en la tecnología de alimentos que ha podido mejorar el desarrollo e investigación de conservación en los productos de alta calidad nutricional.

1.3 Justificación

Dentro de las opciones para poder conservar el plátano macho se encuentra la deshidratación osmótica; para llevar a cabo este proceso se han utilizado agentes osmóticos como sacarosa, NaCl, jarabes, glucosa, entre otros (Molano *et al.*, 1996). Todos actúan de diferente forma durante el proceso, ya sea que lo acelere o retarden.

Al momento de usar diversos solutos, la fruta pierde más rápido peso en comparación de solo usar un solo soluto como la sacarosa (Schwartz, 1999). Sin embargo, la sacarosa (azúcar comercial) proporciona una velocidad mayor de deshidratación (Ponting, *et al.*, 1966). Por lo que es necesario utilizar combinaciones de solutos y establecer un proceso de deshidratación, sumado a lo anterior, existen reportes que indican que el mismo se puede combinar con secado con hornos de flujo laminar (Saputra, 2001). Es por eso que en este trabajo se pretende buscar la condición más favorable en la pérdida de peso del plátano macho.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Deshidratar osmóticamente y con secado de flujo laminar de plátano macho (*Musa balbisiana*) mediante soluciones binarias de Sacarosa y NaCl y gradientes de temperatura.

1.4.2 Objetivos específicos

- Establecer el proceso de deshidratación osmótica y seleccionar los parámetros experimentales.
- Recolectar y pre-tratar especímenes de plátano macho (*Musa balbisiana*) como material vegetal.
- Evaluar la pérdida de peso debido al proceso de deshidratación osmótica.
- Evaluar la pérdida de peso del producto osmodeshidratado mediante un secador de flujo laminar.

1.5 Hipótesis

La aplicación de técnicas de deshidratación osmótica a muestras de plátano macho (*Musa balbisiana*) en soluciones binarias de Sacarosa y NaCl a diferentes concentraciones y en combinación de un secado por flujo laminar, puede generar una metodología para proponer un producto alternativo para la comercialización de este

fruto. De la misma manera el tratamiento propuesto será una opción para su conservación e inocuidad como producto procesado.

CAPÍTULO II - MARCO TEÓRICO

2.1 Plátano (*Musa balbisiana*).

2.1.1 Generalidades del plátano.

Los plátanos son un fruto proveniente de una planta herbácea de gran tamaño (Figura 1), abastecida por una raíz perenne o rizoma, a partir de la cual se perpetua por medio de brotes. En el trópico, el tallo es anual, llega a la fase considerada como muerte cuando el fruto ha madurado y brota de nuevo partiendo de las yemas del rizoma. Estos tallo o lemas son el medio normal de propagación y creación de nuevas plantas y su desarrollo es tan rápido que el fruto suele estar maduro diez meses después de la plantación de los brotes (Barco *et al.*, 2009).



Figura 1. Planta de plátano macho (*Musa balbisiana*). (Fuente: <http://fundacionorotava.es/portal/databases>).

Este fruto es uno de los principales cultivos amiláceos en países en vía de desarrollo, en donde se consume como alimento que proporciona energía, ya que su valor nutritivo es alto y aporta potasio, hierro y vitamina K (COVECA, 2010), y se usa en diversas preparaciones culinarias (Figura 2). Es considerado como un fruto climatérico cuya producción de etileno es alta, por lo tanto, su proceso de maduración natural es rápido, siendo este un criterio a tomarse en cuenta para su selección del

fruto, dado que interviene en la calidad y en las condiciones de almacenamiento durante largos periodos de tiempo, obligando a su consumo de manera rápida (Barco *et al.*, 2009).



Figura 2. Plátano macho (*Musa balbisiana*). (Fuente: SIAP, 2017)

2.1.2 Origen

Los registros más antiguos del consumo de plátanos proceden de la India (600 a.c.); sin embargo, se tiene evidencia arqueológica que sustentan la existencia de los primeros cultivos en Papúa, Nueva Guinea hace 7,000 o 10,000 años (Denham *et al.*, 2003). Se tiene suposiciones de que fueron introducidos en Europa en el siglo X, y a inicios del siglo XIV los marineros portugueses llevaron la planta desde la costa occidental africana hasta Sudamérica (Morton, 1987). Actualmente, este fruto es cultivado en cada región del trópico húmedo y constituye el cuarto cultivo de frutos más grande en el mundo.

2.1.3 Taxonomía

Los plátanos son plantas comprendidas dentro de las Monocotiledóneas. Pertenecen a la familia botánica Musáceae y se encuentra en el orden Scitamineae.

La familia Musáceas está constituida por los géneros *Musa* y *Ensete*. El género *Ensete* se reproduce por semilla, es de uso ornamental y habita en zonas subtropicales. El género *Musa* está formado por cuatro secciones: *Australimusa*, *Callimusa*, *Rhodochlamys* y *Eumusa*, de las cuales la sección *Eumusa* es la de mayor importancia económica y difusión geográfica (Vásquez-Castrejón *et al.*, 2005).

El nombre genérico *Musa* se deriva de la palabra árabe *mouz*. La primera clasificación científica la realizó Linneo en 1783, dándole el nombre de *Musa sapientum* a todos los plátanos de postre y el de *Musa balbisiana* a los plátanos de cocción. Posteriormente, muchos taxónomos dieron nombre de diversas formas a los plátanos comestibles encontrados, pero todos esos nombres inducían a errores y ya no son utilizados (Robinson y Galán, 2010). En la tabla 1 se detalla la clasificación taxonómica del plátano macho (*Musa balbisiana*).

Tabla 1. Clasificación taxonómica del plátano macho (*Musa balbisiana*).

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Zingiberales
Familia	Musaceae
Genero	<i>Musa</i>
Especie	<i>M. balbisiana</i>

Fuente: Álvarez (2018).

2.1.4 Producción

En México se producen ocho variedades de este fruto, entre las cuales se encuentra el plátano enano gigante, plátano macho, plátano manzano, plátano morado, plátano pera, plátano tabasco y el plátano Valery, siendo el plátano macho el segundo más importante con una superficie cultivada de 18 mil hectáreas.

En el país la producción de plátano macho se concentra en las zonas costeras del Golfo de México y del Pacífico, principalmente en los estados de Chiapas, Veracruz, Tabasco, Nayarit y Colima con una producción anual aproximada de 1.8 millones de toneladas equivalentes a 79 % de la producción total a nivel nacional y el 78 % de la superficie cosechada. Otros de los estados con importantes niveles de cultivo son: Michoacán, Jalisco, Puebla, Guerrero y Oaxaca (SIAP, 2016). Como se muestra en la Figura 3, Veracruz ocupa el tercer lugar en producción de plátano macho de la especie *Musa balbisiana*, obteniendo 281 513 toneladas al año (SIAP, 2018).

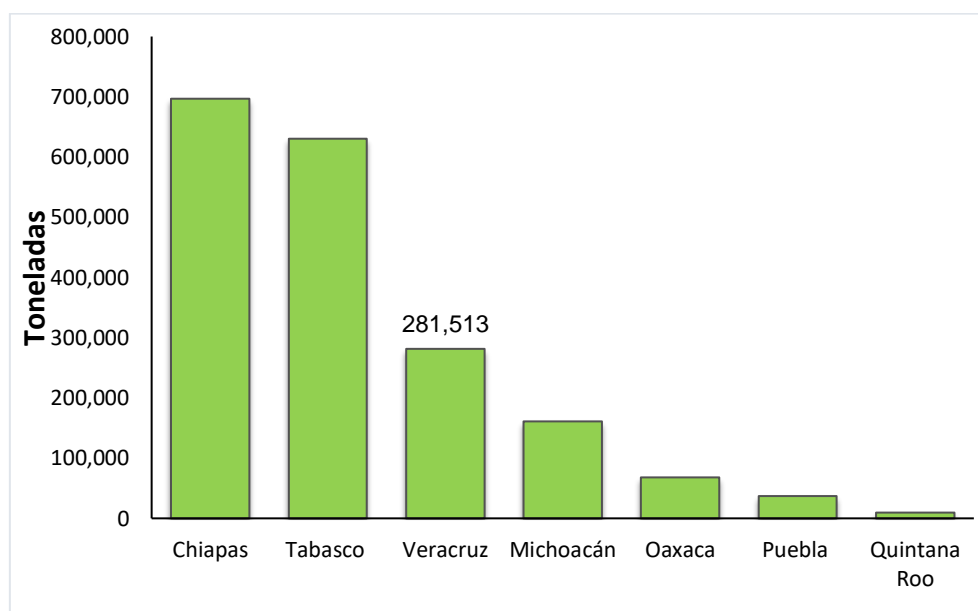


Figura 3. Producción anual de los estados productores de plátano macho en México. (Fuente: CIAT, 2017, SIACON, 2018 y SIAP, 2018).

A lo largo del territorio se producen poco más de dos millones de toneladas anuales de plátano de las cuales el 95 % son destinadas al consumo nacional y el resto a las exportaciones donde Estados Unidos es uno de los primeros consumidores de este producto mexicano. Cabe mencionar que en México hay poco más de 78 mil hectáreas destinadas a su cultivo con un rendimiento de 28 toneladas de plátano por hectárea (SIAP, 2016).

En la Figura 4 se muestra la producción obtenida de plátano en México correspondiente a la última década, durante dicho periodo la producción aumentó un 21.4 %, presentado ligeros altibajos y un crecimiento más o menos constante.

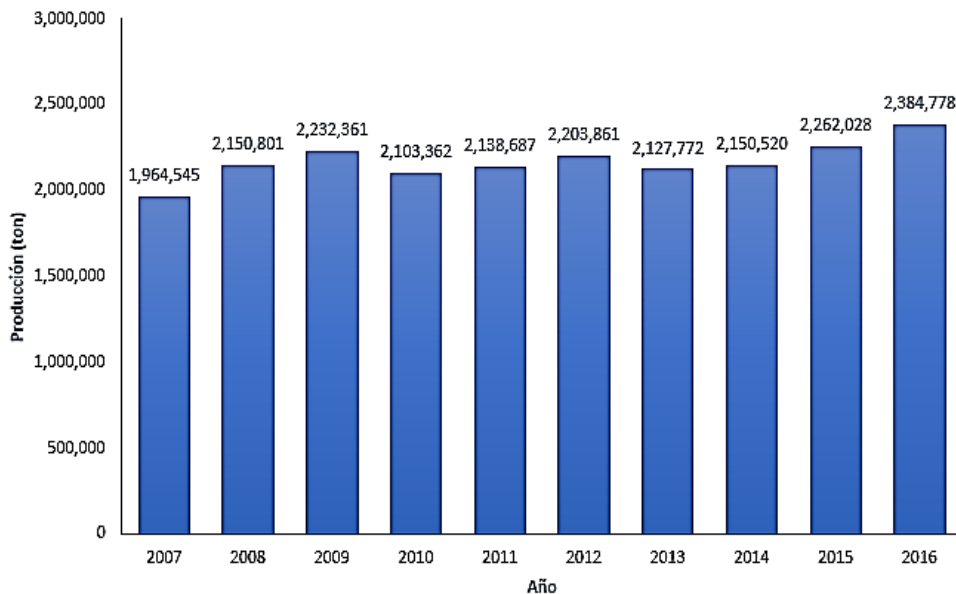


Figura 4. Producción de plátano en México entre los años 2007-2016 (Fuente: SIAP, 2016).

A lo largo del territorio se producen poco más de dos millones de toneladas anuales de plátano de las cuales el 95 % son destinadas al consumo nacional y el resto a las exportaciones donde Estados Unidos es uno de los primeros consumidores de este producto mexicano. Cabe mencionar que en México hay poco más de 78 mil hectáreas destinadas a su cultivo con un rendimiento de 28 toneladas de plátano por hectárea (SIAP, 2016).

En la Figura 4 se muestra la producción obtenida de plátano en México correspondiente a la última década, durante dicho periodo la producción aumentó un 21.4 %, presentado ligeros altibajos y un crecimiento más o menos constante.

2.2 Deshidratación

La deshidratación consiste en la eliminación de agua en un alimento, obteniendo así una mayor protección microbiológica, de esta manera se retrasan muchas de las reacciones indeseables en los alimentos. Se puede lograr disminuir costos de empaque, de manejo y almacenaje, ya que al aplica tal proceso se disminuye un porcentaje del peso del alimento y su volumen (Sierra, 2010).

Los alimentos se pueden considerar deshidratados cuando su contenido de humedad se reduce a niveles bajos, en los que no puede existir crecimiento microbiano

(debajo de 8 %). Para alcanzar porcentajes bajos de humedad muchas veces se logra con secado por medio de aire forzado, el cual elimina el agua de la superficie del producto; sin embargo, este proceso tiende a afectar las características físicas y químicas del alimento, tales como la destrucción de nutrientes y enzimas. Algunas de las afecciones físicas más comunes son el encogimiento y endurecimiento, y las afecciones químicas se manifiestan en la textura, el sabor, la viscosidad, el valor nutritivo y estabilidad al ser almacenados. Los cambios en las características de los alimentos dependen del tipo de producto, su composición química y el método utilizado para la deshidratación. En algunas ocasiones existen reacciones que provocan el oscurecimiento en el producto a deshidratar debido a reacciones enzimáticas no esperadas u oxidación (Sierra, 2010).

Al deshidratar un alimento es necesario seleccionar el método que sea más adecuado para cada clase de alimento. Algunos de los métodos más usados son: la deshidratación natural, por congelación, al vacío, por aire seco y por ósmosis. Se consideran muchos factores al deshidratar un alimento ya que estos influyen en el proceso, por ejemplo: las características del producto a deshidratar, actividad del agua, resistencia a la difusión, tamaño de los poros, conductividad del calor, características de las mezclas aire/vapor a diferentes temperaturas, capacidad de rehidratación y las características organolépticas finales (Sierra, 2010).

2.2.1 Deshidratación natural.

Este proceso se da cuando se exhibe el alimento a flujos naturales de aire, en clima con alta temperatura y bajos niveles de humedad. Uno de los inconvenientes de este tipo de deshidratación es que es lento y la cantidad de humedad del alimento no disminuye del 15 %, y por este motivo se utiliza para frutas como ciruela, uva y durazno. Por lo tanto, se requiere de una superficie amplia, con mayor capacidad y cuidados especiales, ya que la fruta puede ser afectada por sustancias contaminantes, como; polvos, químicos, etc., al igual que insectos o roedores. Es recomendable aislar la fruta de la lluvia y la humedad nocturna, razón por la que se recomienda mantener la fruta bajo techo (Sierra, 2010).

2.2.2 Deshidratación por congelamiento

Este tipo de deshidratación basa en que el agua se evapora del hielo sin que éste se derrita, por medio de una sublimación (el hielo pasa directamente al estado gaseoso). La temperatura y la presión deben estar por debajo de las condiciones de punto triple (punto en el que pueden coexistir los tres estados físicos). El alimento se coloca en placas calentadas; el cambio de estado de hielo al gas va acompañado de una absorción de calor. El proceso aporta muchas ventajas, como, por ejemplo: disminuye la alteración física de las frutas, aumenta las características de reconstitución y minimiza las reacciones de oxidación (Sierra, 2010).

2.2.3 Deshidratación por aire seco

El proceso consiste en la aplicación de aire seco al producto, evaporando agua de los tejidos de este; la humedad es atraído por el aire y alejado del producto. La presión de vapor de agua en el aire alrededor del alimento debe ser menor a la presión parcial saturada a la temperatura de trabajo.

Este proceso puede realizarse de dos maneras: por lotes o de forma continua. Se utilizan varios tipos de maquinarias, tales como túneles, secadores de bandeja, hornos, secadores de tambor o giratorios, y secador neumático. El equipo que se utiliza provee un elevado flujo de aire en la fase inicial del proceso, el cual disminuye en las fases posteriores (Sierra, 2010).

2.3 Efecto de la deshidratación en frutas y verduras

La deshidratación da como resultado varios cambios en la estructura y las propiedades químicas de frutas y verduras, en consecuencia, de procesos térmicos y mecánicos a los que son expuestos los alimentos. En tanto la actividad de agua cambia, lo que genera un cambio en el comportamiento de las reacciones oxidativas, enzimáticas, no enzimáticas, de oscurecimiento y caramelización. Además, este proceso ocasiona una reacción en las características físicas como un colapso, apelmazamiento y cambios en la densidad y viscosidad del producto final (Maltini *et al.*, 2003). Sin embargo, este tratamiento ofrece una buena retención de nutrientes con

excepción del ácido ascórbico y betacaroteno. También la disminución de proteínas, vitaminas hidrosolubles y deterioros en su calidad son mínimas, sin contar el ácido ascórbico, en el cual este efecto lo disminuye al 5 % (Karmas y Harris, 1988).

En el caso de la deshidratación del plátano macho, los resultados durante su proceso consisten en algunos cambios en los nutrientes principales de su pulpa. Uno de los efectos importantes es el cambio en el contenido de carbohidratos. El aumento de la concentración de glucosa se origina por la degradación del almidón y a la inversión de la sacarosa, así mismo. el incremento de la fructuosa proviene de la inversión de la sacarosa; por ello la cantidad de almidón y sacarosa disminuyen durante el proceso. Este cambio en el contenido de carbohidratos puede deberse a que posiblemente durante el proceso se activan algunas enzimas (α -amilasa, β -amilasa e invertasa), que son responsables del cambio en carbohidratos (Bhatie y Amin, 1962).

El plátano deshidratado puede contener un cambio en el contenido de vitaminas, ya que este tipo de nutrientes son los más afectados durante el proceso de deshidratación. El β -caroteno (vitamina A) como se muestra en el cuadro 2, disminuye considerablemente, al igual que la vitamina C, ya que estas vitaminas son muy sensibles al calor y a la oxidación.

Tabla 2. Cambios químicos en los nutrientes principales de la pulpa del plátano.

ANÁLISIS	PLÁTANO FRESCO G/100 G. MUESTRA	PLÁTANO DESHIDRATADO G/100 G, MUESTRA
AZUCARES TOTALES	19.93	22.48
ALMIDÓN	2.60	0.50
SACAROSA	16.10	11.09
GLUCOSA	2.17	5.91
FRUCTUOSA	1.64	5.45
VITAMINA A	135 U.L.	19.4 U.L.
VITAMINA C	17.14 mg.	0.53 mg.

Fuente: Reyes de., *et al.* 1974.

2.3.1 Cambios en las propiedades físicas de frutas y verduras deshidratadas

Las propiedades físicas son las más afectadas en los procesos de deshidratación, debido a los prolongados periodos de exposición de la muestra y en ocasiones al uso de altas temperaturas. El color es una de las propiedades más importantes en las frutas y verduras, ya que es el primer atributo de calidad evaluado por los consumidores, además de ser un parámetro utilizado para determinar la vida útil de las frutas y verduras deshidratadas (Iciek, J. y Krysiak, W., 2009).

Por otro lado, la textura se le genera un colapso estructural de frutas y verduras deshidratadas esto se lleva acabo debido a la existencia de remoción del agua y a un desbalance en la presión producida entre la parte interna y externa del material del alimento causando encogimiento, deformación, cambios en la porosidad y algunas veces, fractura. Además, durante la deshidratación de frutas y verduras pierden agua y su respectivo volumen, que es reducido proporcionalmente con respecto al agua perdida; sin embargo, no siempre sucede esto ya que en ocasiones se genera una contracción a casusa de la perdida de agua que es altamente influenciada por las condiciones del proceso, principalmente en las etapas iniciales de deshidratación (Ceballos *et al.* 2012).

El peso de un plátano fresco está constituido por el 75 % de agua y el proceso de deshidratación elimina más del 90 % de agua, lo que contribuye a que el producto final tenga una proporción más concentrada de calorías y nutrientes que en la forma natural de la fruta, sin embargo, el proceso ocasiona que las muestras de plátano reduzcan su tamaño y su peso aproximadamente hasta un 50 %.

En estudios realizados por Boubekri *et al.* (2010) con dátiles, se encontró una alteración entre la textura y el contenido de agua, donde se incrementa la firmeza linealmente con la pérdida de agua. existen estudios similares que evalúan el cambio en las características físicas de cebolla (García *et al.*, 2010), pera (Ling *et al.*, 2005) y jitomate (Askari *et al.*, 2009), donde se obtuvieron resultados parecidos.

2.4 Deshidratación osmótica

Hasta el día de hoy se han descubierto varias técnicas para la deshidratación de alimentos que fue descubierta por Ponting *et al.* (1966), el cual permite incrementar el contenido de sólidos solubles y así obtener la humedad que se necesita en los productos con una buena calidad organoléptica, también genera un gran ahorro de energía en comparación con otras técnicas ejemplo: aspersion, liofilización, secado con aire y solar.

La deshidratación osmótica es una metodología simple, por el cual, necesita una inmersión de productos alimenticios como son las frutas o vegetales; estas sumergidas en una solución osmótica que contiene salmuera, sacarosa y jarabe de maíz. Como se nombró anteriormente una materia prima que es utilizada para este tipo de técnicas es el vegetal esto sucede por la estructura del tejido celular que tiene el vegetal, además esto hace que la pérdida de agua transcurra mientras que la ganancia simultánea de soluto ocurre (Rastogi *N., et al.*, 1997). Aproximadamente se puede lograr una pérdida del 50-60% del contenido inicial, sin embargo, puede existir la posibilidad de realizarse modificaciones significativas con respecto al volumen (Ruiz *et al.* 2010).

Existen factores como la temperatura y la concentración del soluto (solución osmótica) que pueden lograr a afectar la ganancia de solutos y la pérdida de agua (Torreggiani, 1993; Lazarides, 1994;). El manejo de temperatura es muy importante, porque afectaría la velocidad, a tal grado que el proceso de deshidratación osmótica ocurre. Por lo general la transferencia de masa es llevado a cabo en altas temperaturas, pero también afectan negativamente la calidad del producto, es decir, pierde la función especializada de permeabilidad a causa de la desnaturalización de proteínas que es llevado a cabo en la membrana celular (Gekas, 2001).

Varios estudios han abordado los temas de deshidratación del plátano, donde se utilizan rebanadas sometidas a calentamiento simple (Baini y Langrish, 2009), secado con aire caliente y/o con microondas (Maskan, 2000) y secado convectivo simple con aire (Boudhrioua *et al.*, 2002). Pero generalmente la deshidratación osmótica no disminuye la actividad acuosa del alimento, sino que busca la manera de

estabilizarlo totalmente y de extender su vida útil. Por ello se busca realizar la aplicación de otros procesos posteriores como son el secado, congelado o liofilizado, entre otros posibles.

Existen varias ventajas en la utilización de esta técnica, pero una de las principales ventajas que se adjudican a la deshidratación osmótica como primera etapa de un método combinado de deshidratación de alimentos son:

- Desde el punto de vista energético, es una técnica muy eficiente, por utilizar temperaturas cercanas al ambiente sin necesidad que el agua cambie de fase.
- La mejor ventaja de este proceso es del que el color, sabor y textura del fruto o vegetal no se ve afectado.
- El proceso es muy fácil de ser llevado a cabo.
- El fruto o vegetal puede ser trabajado con pequeños volúmenes.
- No es muy conveniente trabajar con el secado conectivo, ya que produce un daño mínimo en la estructura del alimento deshidrato, si este es manejado a altas temperaturas.
- Produce un daño mínimo en la estructura del alimento deshidratado ya que no debe someterse a altas temperaturas como en otros tratamientos térmicos como es el caso del secado convectivo.
- Por lo general, no se requiere tratamiento químico previo para evitar el pardeamiento del producto, pues al estar sumergido en la solución se minimiza el contacto con el oxígeno y de esta manera, se retarda el proceso.
- Se retienen la mayoría de los nutrientes.
- Puede aumentar la relación azúcar/ácido. Ponting, *et al.* (1966) observaron que los ácidos de las frutas eran extraídos de la fruta junto con el agua eliminada en la deshidratación dando lugar a un producto con un menor contenido en ácidos y mayor tenor de azúcar.
- Mejora de la estabilidad del producto. La actividad de agua del alimento disminuye de modo tal de inhibir parcialmente el crecimiento microbiano y así extender la vida útil del alimento.

- Gracias a la disminución de peso por la eliminación de agua, se logra reducir los costos de empaque y transporte.

Con base a lo anterior, el producto puede fortificarse agregando a la solución algunos minerales como calcio y zinc para que se logre producir la impregnación del producto (Alzamora *et al.*, 2005). También se pueden producir alimentos funcionales al agregar probióticos a la solución. Los tejidos de frutas se pueden impregnar al vacío con diferentes microorganismos como *Saccharomyces cerevisiae*, *Lactobacillus acidophilus*, *Phoma glomerata* (Rodríguez, 1998).

2.4.1 Principios y fundamentos

Se ha explicado mediante un concepto fundamental que el fenómeno de deshidratación osmótica es la transferencia de masa que establece al origen de las fuerzas impulsoras difusivas involucradas; pero el mecanismo de impregnación se ha considerado como casi el resultado de una saturación de las capas exteriores o superficiales; además la mayoría de las explicaciones y el modelado y cálculo de los parámetros que los describen han sido calculados a partir de la segunda ley de Fick (Sierra, 2010).

La disminución de actividad de agua se genera a través de la conservación del material, usando la fuerza osmótica de una solución de azúcar, sal u otros materiales, esto se puede realizar a temperatura ambiente, gracias a esto se genera un gran beneficio con respecto a la calidad sensorial como color, sabor y aroma (Sierra, 2010).

Los agentes osmóticos más utilizados en la deshidratación osmótica son sacarosa, salmueras, maltodextrinas las cuales con tienen una alta concentración (Sierra, 2010).

2.4.2 Efecto en los tejidos y mecanismo de transporte

Durante el proceso de deshidratación osmótica los alimentos llegan a sufrir durante un pequeño tiempo una plasmólisis de sus células, mientras tanto por el interior se mantiene el turgor.

Sin embargo, en la siguiente figura 5 con inciso a; se observa un turgor normal es una célula típica, donde el citoplasma se encuentra contra la pared celular (presión de turgor del líquido celular de la vacuola), es decir, al momento de ser realizado el proceso de deshidratación osmótica, el agua se dispersa del líquido celular, siendo esta atraída por la solución osmótica ocasionando un encogimiento en la vacuola (figura 5b), esto sucede porque se logra establecer una presión en el turgor, por el cual deforma la estructura de la célula (Lewicki P. y Pawlak, P. 2005).

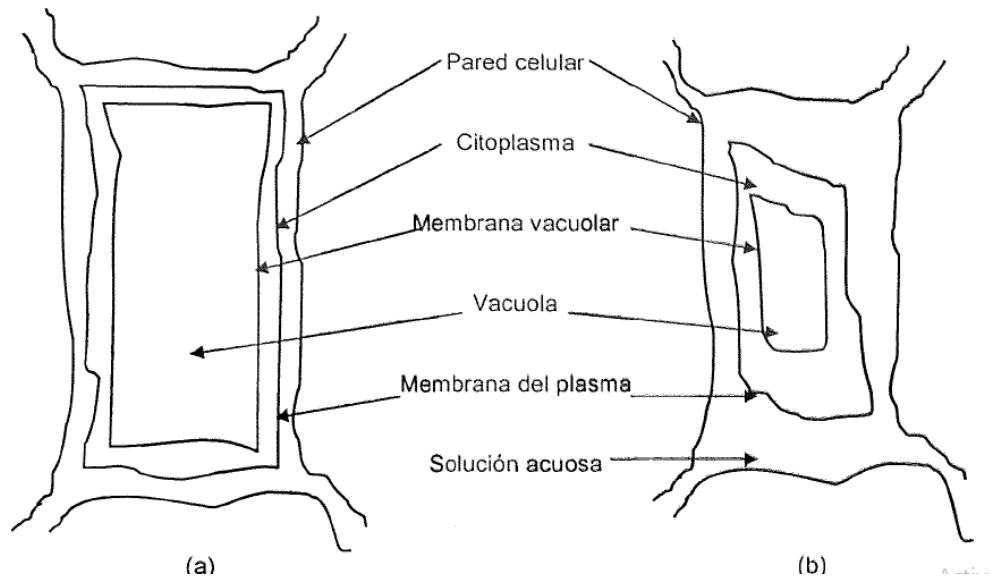


Figura 5. Plasmólisis de la célula en el proceso de osmodeshidratación. a) célula vegetal normal, b) célula vegetal deshidratada osmóticamente.

Marcotte *et al.*, (1991) llevaron a cabo un estudio sobre el volumen ocupado por varias fases del tejido celular y propusieron un modelo para la presencia de agua en diferentes fases, con base a la semipermeabilidad de la membrana plasmática de papas en equilibrio con varias soluciones acuosas (5 - 60 %), gracias a la composición química de las papas se lograron utilizar diferentes datos, así como ecuaciones relacionadas con el potencial químico en equilibrio de agua en cada fase. Sin embargo, Marcotte *et al.*, (1991) agregaron un espacio intracelular entre el protoplasto y la pared celular formado en la célula plasmolisada; por ello, consiguieron demostrar que existen tres vías básicas de la transferencia de masa, por lo cual, son:

- 1) Transporte apoplasmático (externo a la membrana celular) o transporte de masa dentro del volumen extracelular.
- 2) Transporte simplásmico (interno a la membrana celular), definido como el transporte del material entre las células adyacentes a través del plasmodesma y el flujo transmembránico.
- 3) Transporte transmembránico, definido como aquel que atraviesa la membrana celular o el que depende del medio osmótico (Marcotte *et al.*, 1991).

Siempre que se aplica una técnica de secado a los alimentos se producen cambios físicos y químicos, los físicos son a causa del estrés que ejerce el tejido del alimento; también son manifestados por micro y macro alteraciones de tamaño, forma y estructura interna. La magnitud y dirección de estos cambios dependen de las condiciones de secado (Lewicki P. y Pawlak, G. 2003). Además, los cambios químicos son generados por la técnica de deshidratación osmótica a causa de las alteraciones físicas (encogimiento, decremento en la capacidad de retención de agua, cambios en la porosidad y resistencia a la deformación), ejercidas sobre la membrana fresca del alimento; es por eso, que después de una deshidratación osmótica realizada en un fruto o vegetal se visualiza físicamente el reflejo del deterioro en la estructura de la membrana y en la morfología de la célula (Lewicki y Pawlak, 2005).

Anteriormente se mencionó que la realización de este procedimiento causa cambios físicos y químicos, pero también existen los cambios macro y microscópicamente en el tejido celular; por consiguiente, Marcotte *et al.*, (1991) explicaron las rebanadas de papa deshidratadas en soluciones de 40 % de sacarosa se encogían de 5- 40 %. En cambio, se utilizó una manzana osmóticamente deshidratada para observar la suavidad en las capas superficiales, el rompimiento y la separación entre las células (Monsalve *et al.*, 1993).

Ferrando y Spiess (2001) estudiaron la respuesta de dos tipos de células al ser sometidas al proceso de deshidratación osmótica. Una muestra analizada es un tipo de membrana de cebolla, donde la célula fue separada y sufrió un encogimiento; en cambio el corte transversal de la célula fue reducida de 40 - 46 % y el otro tipo

analizado es una fresa, en el cual, no hubo separación de la célula solo se observó el efecto plasmólisis, que consiste en separar la pared celular y el corte transversal disminuyo un 24-35 %.

2.5 Agente osmótico

Para preparar la solución a utilizar en el desarrollo de deshidratación osmótica, deben ser usados agentes osmóticos de alta concentración como sacarosa, salmueras de maíz de variada composición.

Con base a los estudios realizados Lenart y Flink (1984), explicaron que para seleccionar un agente osmótico se debe valorar los factores principales e importantes, un ejemplo son: las características sensoriales de la materia prima a deshidratar; anteriormente se mencionó que las soluciones a utilizar en este tipo de proceso, deben de contener una fuerza osmótica mayor, pero a la vez que afecte lo menos posible al fruto o vegetal; además, se ha comprobado que una solución con alto peso molecular (sacarosa), tiene un mejor efecto osmótico que una solución de bajo peso molecular (sal). Este último soluto favorece el ingreso de soluto al producto más que la salida del agua desde el producto (Sierra, 2010).

Entre los agentes osmóticos más utilizados para deshidrataciones se encuentran los siguientes:

- Cloruro de sodio
- Sacarosa
- Jarabe de maíz con alta concentración de fructosa
- Glicerol

Algunos autores mencionan que los agentes osmóticos más usados presentan algunas ventajas para el producto a deshidratar, como se menciona en la siguiente tabla.

Tabla 3. Ventajas de algunos agentes osmóticos.

NOMBRE	USOS	VENTAJAS
CLORURO DE SODIO	Para carnes y vegetales	Alta disminución de la actividad del agua (a_w).
SACAROSA	Principalmente frutas	Aumenta la retención de sustancias volátiles.
LACTOSA	Principalmente frutas	Sustitución parcial de sacarosa.
GLICEROL	Frutas y vegetales	Mejora la textura.

Fuente: Vega, H., Barbosa, G. 1996

2.5.1 Jarabes

Los azúcares más utilizados en el proceso de deshidratación osmótica son la sacarosa y el jarabe de glucosa. En algunas recetas se sustituye total o parcialmente el jarabe de glucosa por sirope invertido (Meiners *et al.*, 1984).

Sacarosa (azúcar)

Es un componente con fórmula general $C_{12}H_{22}O_{11}$; encontrado con gran medida en productos naturales, ejemplo, cereales, leguminosas, frutos y verduras. Sin embargo, el azúcar comercial es extraído por medio de la purificación de la caña de azúcar, utilizando medios físicos y químicos, obteniendo alrededor del 99.99 % de sacarosa (Honig, 1969).

Azúcar invertido

Es extraído por reacciones químicas llevadas a cabo en la sacarosa. Pueden ser enzimáticas en medios ácidos o por efectos térmicos, disociándose en igual proporción de una mezcla de ciclos α y β de las formas alifáticas de D-glucosa y D-fructosa. Este producto es comercializado como solución pastosa e incolora, conteniendo un porcentaje de azúcar sin invertir, pero también se puede encontrar como un producto natural, por el cual, termina siendo la miel. Este último es un

higroscópico, es decir, tiene una mayor viscosidad que da origen a la sinéresis y pegajosidad, pero evita la cristalización en soluciones de azúcar, así como, en algunas masas que son utilizadas para el mazapán, frappé, centros de bombones, rellenos de toda clase, jaleas, caramelos blandos, entre otros. Por lo tanto, este azúcar invertido es empleado como sucedáneo para evitar el endurecimiento y resecamiento de los productos en tiempos de encarecimiento o dificultades de abastecimiento para el jarabe de glucosa (Meiners *et al.*, 1984); también es muy soluble en agua, ya que esta aumenta con la temperatura y es influenciada por otras sustancias disueltas. Al principio su viscosidad aumenta lentamente con la concentración, pero con el transcurso del tiempo aumenta más rápidamente; es decir, a mayor temperatura causa la disminución de viscosidad (Honig, 1969).

Glucosa y fructosa: (dextrosa y levulosa)

Estos componentes se encuentran en abundancia en la naturaleza como azúcares libres o combinadas. Aunque las combinadas incluyen productos de policondensación como el glicógeno, el almidón y la celulosa. También contiene disacáridos que son la maltosa, lactosa en vez de glucosa. Sin embargo, la glucosa a bajas temperaturas genera una velocidad menor de solubilidad, en comparación que la sacarosa. Por otro lado, se mencionó anteriormente que la fructosa es muy soluble en agua y se cristaliza rápidamente con las soluciones invertidas (Honig, 1969).

Cloruro de sodio

La adición de NaCl aumenta la potencia de la deshidratación por el efecto sinérgico entre azúcar y sal. Durante la primera fase de ósmosis prevalece la deshidratación por efectos del azúcar, durante la segunda fase el azúcar es retirado, sustituyéndose por la sal, la cual permite un bajo intercambio de agua. El efecto del azúcar es el de retirar agua e intervenir en el control del contenido salino del producto final (Maestrelli, 1997).

2.6 Mecanismos y factores que influyen en la transferencia de masa

El producto que se desea deshidratar debe de contener propiedades osmóticas que están influenciadas por diferentes factores que definen el grado de difusión a

través de la membrana. Esto sucede a la complejidad de los tejidos de las frutas; sin embargo, el fenómeno de deshidratación osmótica no puede explicarse como un fenómeno puro, ya que actúan diferentes mecanismos simultáneos que son los que se encargan de la transferencia de masa (Falade y Igbeka, 2007). Por consiguiente, esta metodología logra implicar dos formas de transferencia de masa los cuales son:

1. Las sustancias y el agua de la fruta fluyen hacia afuera ocasionando la dilución de la solución osmótica. El agua y sustancias naturales solubles de la fruta fluyen hacia afuera, diluyendo la solución osmótica.
2. Por lo tanto, en dirección opuesta los sólidos solubles de la solución osmótica entran hacia la fruta, por lo cual, hace a que se incremente la concentración de esta (Peiro *et al.*, 2007).

Las propiedades del producto deshidratado osmóticamente son influenciadas por varios factores que son el cultivo del fruto, variedad, madurez, microestructura del tejido, preparación de la muestra, geometría y tamaño (Lombarda *et al.*, 2008), así como también se toman en cuenta las variables del proceso como temperatura, composición y concentración de la solución osmótica, tiempo de inmersión, agitación y relación fruta – solución (Kaymak y Sultanoglu, 2000; Panadés *et al.*, 2006).

En el caso de las frutas deben de tener una textura completamente firme, si llegan a utilizarse blandas y delicadas estas tienden a perder color y sabor, debido al azúcar que se encarga de enmascarar el sabor. Por ende, la maduración del fruto debe ser óptimo para que se adapte bien al confitado, si aún está muy verde este no funcionara para el proceso de esta técnica, ya que su membrana celular dificultara el paso de la solución osmótica, en cambio sí está muy madura puede colapsar durante el proceso. Las frutas pueden endulzarse en cubos, cuartos, mitades o enteras (Castro D. *et al.*, 1988).

CAPÍTULO III - MATERIALES Y MÉTODOS

En la figura 6 se muestra el esquema general de las actividades realizadas durante este trabajo, empezando por la recolección del material vegetal, posteriormente se realizó otros procesos como el pretratamiento de este mismo, preparación de solutos, selección de los tratamientos; la deshidratación osmótica del plátano (*Musa balbisiana*) y finalmente terminando con el secado de flujo laminar y los análisis correspondientes,

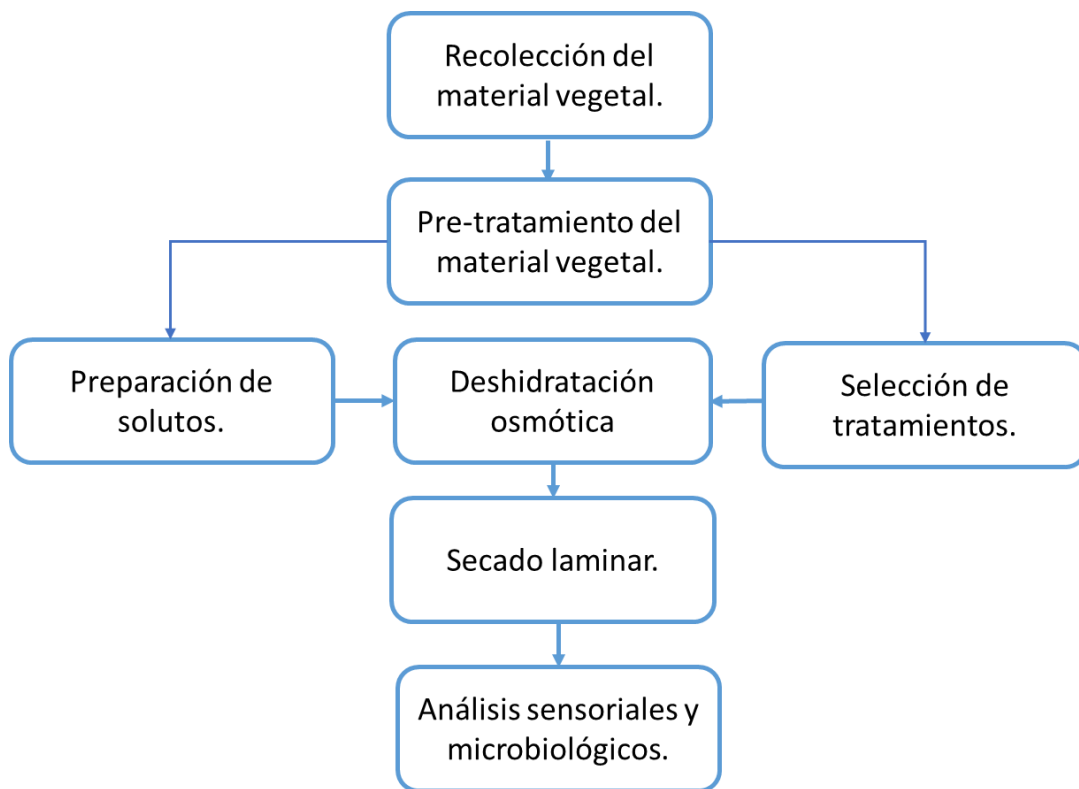


Figura 6. Esquema general de trabajo para la deshidratación osmótica del plátano *Musabalbisiana*.

3.1 Obtención del material vegetal

El fruto fue obtenido con un grado número 3 de maduración (Álvarez, E. I., 2016.), es decir, la cascara debe tener un color amarillo con un poco de manchas café, como se muestra en la figura 7, para tener una idea más clara sobre los estados de maduración se puede observar el anexo b. Sin embargo, la materia vegetal fue adquirida en una tienda comercial, ubicada en el centro de la ciudad de Misantla, Veracruz.

Como se sabe el plátano es muy comercial en la región, principalmente en la zona de San Rafael ya que el clima es favorable para que este crezca.



Figura 7. Plátano con grado 3 de madurez

Existen muchas frutas que la extracción de la cáscara puede ser mecanizada, manual o incluso químico; pero cualquiera que sea el método empleado, si la fruta se queda sin su protección natural se debe de realizar con rapidez ya que alguna de las frutas a veces cambia de color (se oxidan) por lo que en algunos casos deben de pasar por soluciones químicas (Gianola C., 1974). Una vez seleccionada la fruta es lavada (Figura 8 A), se extrajo la cáscara y se cortó en rodajas con un espesor de 5 mm con un error de ± 1 mm como se muestra en la Figura 8 B. Esto se hace para que se vaya realizando el pesaje inicial de cada una de las rodajas, antes de

ser sumergida a la solución, a diferentes concentraciones de sacarosa (40, 50, 60) °Bx y NaCl (5, 10, 15) % p/v.

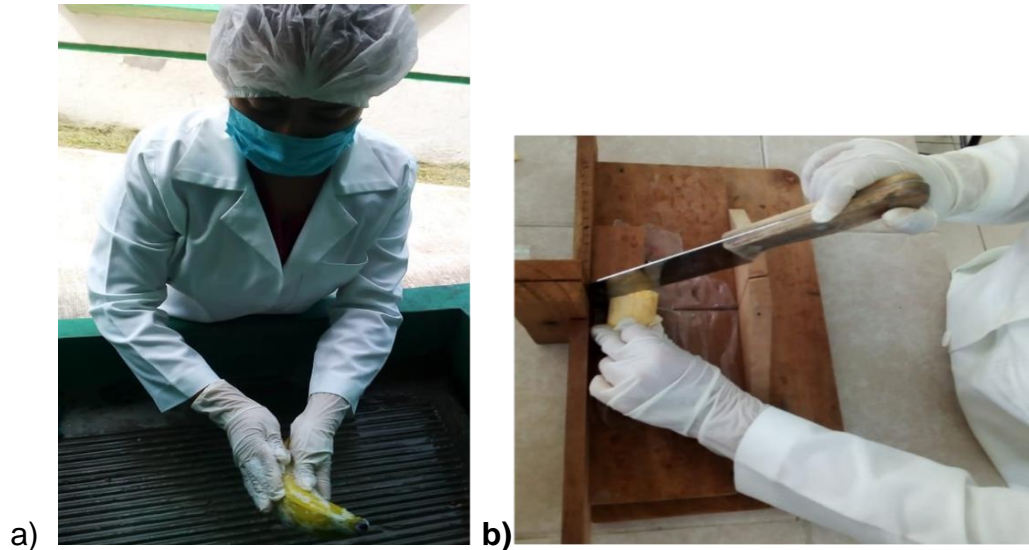


Figura 8 (a) Lavado y (b) cortado del plátano macho (*Musa balbisiana*).

3.2 Sacarosa (azúcar) y Sal.

La sacarosa utilizada en este trabajo fue de 400, 500 y 600 gramos, con una pureza de 40, 50 y 60 %. Posteriormente se logró obtener un volumen total de 1000ml, siendo las cantidades de sacarosa mencionadas anteriormente, completadas con agua y sal (50, 100 y 150 gramos) para poder lograr el volumen total utilizado en este trabajo. Para establecer las cantidades de solutos, tiempo y entre otros procesos utilizados, se realizó una búsqueda referencial y los datos obtenidos se encuentran en la siguiente tabla 4.

Tabla 4. Tabla referencial de artículos sobre deshidratación osmótica de frutos.

AUTORES	ARTÍCULO/FUENTE	CONDICIONES	RESULTADOS
•María Teresa Escobar Sánchez.	Obtención del plátano Valery deshidratado.	→solución de sacarosa, Salmuera (alta concentración). →sulfito de Na, temperatura de 115°C	→20 min de inmersión a temperatura constantes (28-30°C). →Sacarosa 2.5 % →Tiempo de secado 24 horas.
•Alba Dolly Atehortúa. •Carlos Alberto. •Alberto Díaz Ortíz.	Procesos de deshidratación impregnación por inmersión y pre-fritura aplicados a la elaboración de tajadas de plátano (<i>Musa Balbisiana</i> AAB).	→Método gravimétrico. →Tajadas $2,0 \pm 0,5$ mm de espesor. →Sacarosa, glucosa, NaCl. →0.2 % de Ácido Cítrico.	→Sacarosa y Glucosa al 2.6 % de NaCl. →Tiempo de 24 minutos.
•Paul Castro. •Israel Andrade. •Fabiola Cornejo.	Influencia de pretratamientos convencionales en el proceso de secado de banano y en las características físicas del producto final.	→Sacarosa y glucosa a 60 °Brix. →Ortoedro 3cm por 3cm por 1cm. →0.5 % de meta sulfito con un tiempo de 3 min.	→Glucosa de 120 a 300 min.
•Dora Villaba. •Héctor Villada. •Andrés Mosquera.	Evaluación de efecto de la deshidratación osmótica en dos variedades de yuca (<i>Manihot esculenta crantz</i>) en la producción de chips	→15 mm \pm 0.2 mm de espesor. →Temperaturas de 120,140 y 160°C. →NaCl 5 %. →45 mm \pm 5 mm. →Humedad: 10,20,30 min. de D.O.	→20 min de D.O. →5 % NaCl.
•Antonio Vega Gálvez. •Marlene Palacios. •Francisca Boglio. •Catalina Jerez.	Deshidratación osmótica de la papaya chilena (<i>Vasconcella Pubescens</i>) e influencia de la temperatura y concentración de la solución sobre la cinética de transferencia.	→Soda Caustica (NaOH), 10 %. →Temperatura de 70 °C. →Sacarosas [40,50 y 60 %].	→Sacarosa 60 %. →30 °C.

•Roberto Lemus Mondaca

•Adriana Hernández Triana.	Desarrollo de rodajas deshidratadas de piña.	→ Sacarosa y Glucosa, 60 %. → 1 ± 0.3 cm de altura. → 12 ± 2 cm de diámetro. → Tiempos: 5, 10, 15, 30 y 45 min. → Temperatura constante de 32°C.	→ Sacarosa 60 %.
•Gloria C. Rodríguez. •Claudia L. Zoluga. •Fernanda Puerta P. •Lina V. Ruíz A.	Evaluación de parámetros fisicoquímicos en el proceso de fritura de banano Osmodeshidratado.	→ Solución de sacarosa a 45 °Brix. → NaCl 1,5 %. → Rodajas $2,0 \pm 0,1$ cm de diámetro. → $2,0 \pm 0,1$ mm de espesor. → Método de Kjeldahl.	→ NaCl $1,9 \pm 0,17$.
•Brunal Millan Pérez.	Deshidratación del burro (CENSA) en solución de sacarosa-sirope Invertido.	→ Sacarosa-Sirope invertido a 70 °Brix. → NaCl. → Metasulfito de sodio a 0.25 %. → Cilindro aprox. 40 mm de diámetro y 8 mm de altura. → Madurez de 5-6 grados.	→ La sacarosa-sirope invertido tuvo influencia sobre las variables fisicoquímicas, sensoriales y de transferencia de materia.

3.2.2 Diseño experimental

Para establecer los solutos, las concentraciones y las condiciones en las que debería ser llevado a cabo el experimento. El diseño fue ajustado a un diseño 3^k donde se utilizaron dos factores K (Sacarosa y Cloruro de Sodio) debido a sus elementos que los conforman; para poder llevar a cabo este proceso, la sacarosa tiene la función de reducir el pardeamiento y aumentar la retención volátil; en cambio el NaCl tiene la alta capacidad de deprimir el agua del fruto en soluciones mayores del 5% (Barbosa, Cánovas at; 1996).

Tabla 5. Combinaciones de los tratamientos para la deshidratación osmótica

TRATAMIENTO	(SACAROSA) %	(NACL) %	° BRIX	COMBINACIÓN	VOLUMEN TOTAL	VALOR FINAL (°BRIX)
T1	40	5	40	400 gr A + 50 gr B	1000 ml	38.5 °Bx
T2	40	10	40	400 gr A + 100 gr B	1000 ml	42 °Bx
T3	40	15	40	400 gr A + 150 gr B	1000 ml	45 °Bx
T4	50	5	50	500 gr A + 50 gr B	1000 ml	48 °Bx
T5	50	10	50	500 gr A + 100 gr B	1000 ml	48.5 °Bx
T6	50	15	50	500 gr A + 150 gr B	1000 ml	51.5 °Bx
T7	60	5	60	600 gr A + 50 gr B	1000 ml	56.5 °Bx
T8	60	10	60	600 gr A + 100 gr B	1000 ml	58 °Bx
T9	60	15	60	600 gr A + 150 gr B	1000 ml	58.5 °Bx

En la tabla 5 se muestra la preparación de los solutos y la selección de los tratamientos para poder llevar a cabo el proceso de deshidratación osmótica en el plátano (*Musa balbisiana*); se seleccionaron 3 tratamientos con sus respectivos triplicados obteniendo un total de 9 tratamientos en donde cada uno obtuvieron diferentes combinaciones de sacarosa y NaCl.

Todos los tratamientos obtuvieron una concentración de 40, 50 y 60 % de sacarosa y 5, 10 y 15 % NaCl. Una vez preparadas todas las soluciones se realizó el proceso de obtención de grados brix con un resultado mínimo de 38.5 y un máximo de 58.5 ° Bx.

3.2.3 Elaboración de las soluciones para la deshidratación osmótica.

La solución osmótica binaria (sacarosa/sal) utilizada en cada tratamiento experimental fue preparada mezclando cantidades necesarias de sacarosa (40, 50 y 60°Bx) y cloruro de sodio (5,10 y 15 % p/v), ambos de grado comercial, con adición apropiada de agua destilada, las concentraciones utilizadas para este proceso fueron obtenidas en la tabla referencial.

para la preparación se pesaron 400 g, 500 g y 600 g de sacarosa (azúcar comercial) en una báscula digital marca TORREY como se muestran en las Figura 9.



Figura 9. Pesaje de 400, 500 y 600 g. de Sacarosa

Posteriormente se procedió a pesar 50 g, 100 g y 150 g de NaCl (sal comercial, Marca el Oso) (Figura 10).



Figura 10. 50, 100 y 150 gramos de sal.

Posteriormente se lavaron 3 matraces aforados de 1000 ml, para colocar las concentraciones adecuadas de sacarosa y NaCl acordes a cada tratamiento, agregando un poco de agua para mezclarlos, como se muestra en la Figura 11. Finalmente, cuando los solutos estaban disueltos, los matraces se aforan a 1000 mL (Figura 12).



Figura 11. Matraces (1 L) con agua, sal y sacarosa empezando a disolverse.

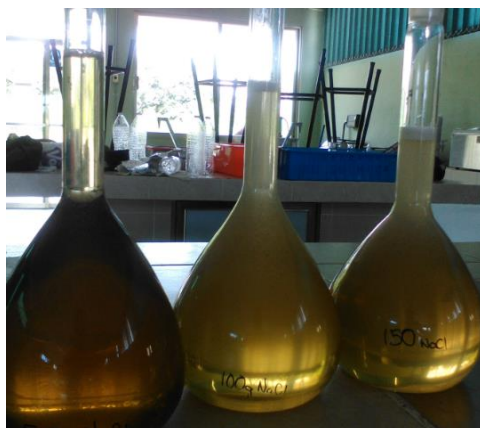


Figura 12. Matraces a forados (1000 ml) con agua, sacarosa y sal.

3.2.4.4. Desarrollo de la deshidratación osmótica.

Antes de llevar a cabo el proceso de deshidratación, se sacaron las dimensiones en las rebanadas del plátano (*Musa balbisiana*) con la ayuda de un vernier (Marca Mar ram calibre pie de rey ajustable 6") (Figura 14) y también se les realizó un pesaje inicial.

En este proceso se utilizaron 27 frascos con medidas de 5.5 cm x 8.0 cm con una capacidad mayor de 150 ml. Se agregaron 100 ml de las soluciones binarias en cada frasco (Figura 13), posteriormente las rebanadas de plátano fueron inmersas a las soluciones de los recipientes (Figura 15). Todos los tratamientos fueron controlados a temperaturas de 20°C, 40°C y 60°C.



Figura 13. Agregando 100 mL de la solución preparada en un frasco.



Figura 14. Medición del espesor de la rebanada del plátano, previo a deshidratar.



Figura 15. Rebanada de plátano en la solución.

Las rebanas estuvieron inmersas en las soluciones de los tratamientos evaluados durante 12 horas continuas; tomando lectura de la pérdida de peso cada hora (Figura 18), para ello se utilizaron pinzas plásticas, colocando las rebanadas de plátano en un papel absorbente durante 10 segundos por cada lado (Figura 17), para evitar variaciones grandes de peso debidas a la solución (Figura 16).



Figura 16. Sacando la rebanada de la solución después de 1 hora.



Figura 17. Secando la rebanada del plátano para que posteriormente sea pesado.

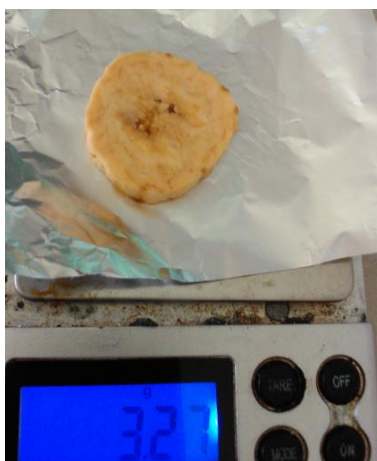


Figura 18. Pesaje de la rebanada después de 1 hora de estar en la solución.

3.2.4 Determinación de la pérdida de peso.

Durante el proceso de deshidratación, se estuvo realizando un pesaje entre cada hora para poder ir observando cuanto peso perdía el plátano en el transcurso del tiempo. Sin embargo, los cálculos de estos parámetros nos sirven para poder saber y calcular, si las rebanas inmersas en las soluciones van perdiendo peso. Con los datos obtenidos en el desarrollo de deshidratación osmótica se determinó la pérdida de peso (%) después de 12 horas y estos mismos parámetros fueron usados al terminar el secado de flujo laminar

El cálculo de los parámetros; pérdida de peso (WR) y pérdida de agua (WL) se calculan con las siguientes ecuaciones (expresadas en gramos por 100 gramos

de producto fresco); esta fórmula es utilizada para el desarrollo de cinéticas de pesaje, con respecto al tiempo y al momento de realizar la gráfica se logra observar un comportamiento ascendente de pérdida de peso.

$$WR = \frac{(M_o - M_f)}{M_o} \times 100$$

Donde:

$WL =$ *Perdida* de agua (%).

$WR =$ *Perdida* de peso (%).

$M_o =$ *Peso* inicial de la hortaliza o fruta.

$M_f =$ *Peso* final de la hortaliza o fruta(fr).

Una de las definiciones de las variables es:

Pérdida de peso (WR): Por la diferencia de peso inicial y el tomado inmediatamente después de retirar la muestra de inmersión en cada uno de los tiempos determinados para el proceso.

3.3 Secado en estufa de flujo laminar

El secado de flujo laminar se realizará después de haber terminado la cinética de pesaje, esto se realizó durante 12 horas; donde las rebanadas de plátano estuvieron en la solución (Figura 15), una vez que los pesos se volvieron constantes se coloraron en un recipiente plano con unos envoltorios marcados para ser identificados (Figura 19) al momento de ser utilizados en el proceso de flujo laminar. Posteriormente el plátano se pondrá en una malla (Figura 21) y se colocará en el horno de secado (Marca Red Line, modelo: RF 53-UL) durante 6 horas a 60°C (Boudhriova *et al.*, 2003), antes de secar las rebanadas, se ejecuta la toma de dimensiones de cada una de ellas (Figura 20), así como también se realiza el pesaje correspondiente y el secado de flujo laminar a una temperatura de 60°C, este proceso se realizó a las tres temperaturas anteriormente mencionadas en el proceso de deshidratación osmótica.



Figura 19. Rebanadas de plátano después de la deshidratación.

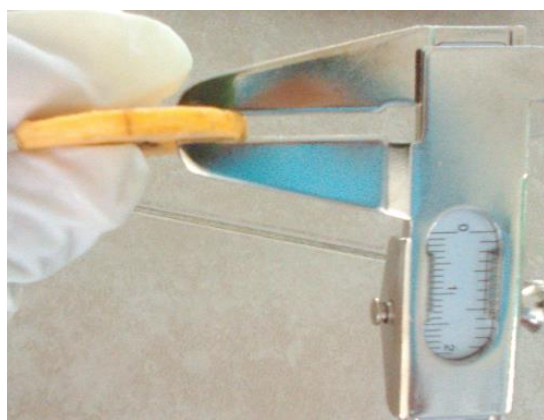


Figura 20. Medición el espesor antes del flujo laminar.



Figura 21. Rebanadas en el horno.

Una vez finalizado nuestro secado de flujo laminar (Figura 22), se volvieron a sacar las dimensiones de las rebanas (Figura 23) y el pesaje de cada una de ellas; este mismo proceso fue para las temperaturas de todos los tratamientos de 40 y 60°C



Figura 22. Malla con rebanas después de 6 horas de estar en el horno a 60°C.



Figura 23. Midiendo el espesor después del secado.

Todos los tratamientos de 20, 40 y 60°C del proceso de deshidratación osmótica fueron colocados en el horno por 6 horas a una temperatura de 60°C.

Una vez finalizado todo el proceso anterior las rebanas fueron guardadas en bolsas ziploc.

CAPÍTULO IV - RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se puede observar en la tabla 2, para el desarrollo de este proyecto se propusieron 9 tratamientos osmóticos por triplicado cada uno a diferentes concentraciones de sacarosa (40, 50, 60 g) y a diferentes concentraciones de sal (5, 10, 15 g) en 100 ml de agua. Los tratamientos fueron trabajados bajo las condiciones de temperatura de 20°C, 40°C y 60°C.

4.1 Deshidratación osmótica a T = 20°C

En las siguientes figuras se presentan los promedios de las pérdidas de peso durante las 12 horas donde las rebanas de plátano estuvieron en la solución de sacarosa y sal (tratamiento 1-9).

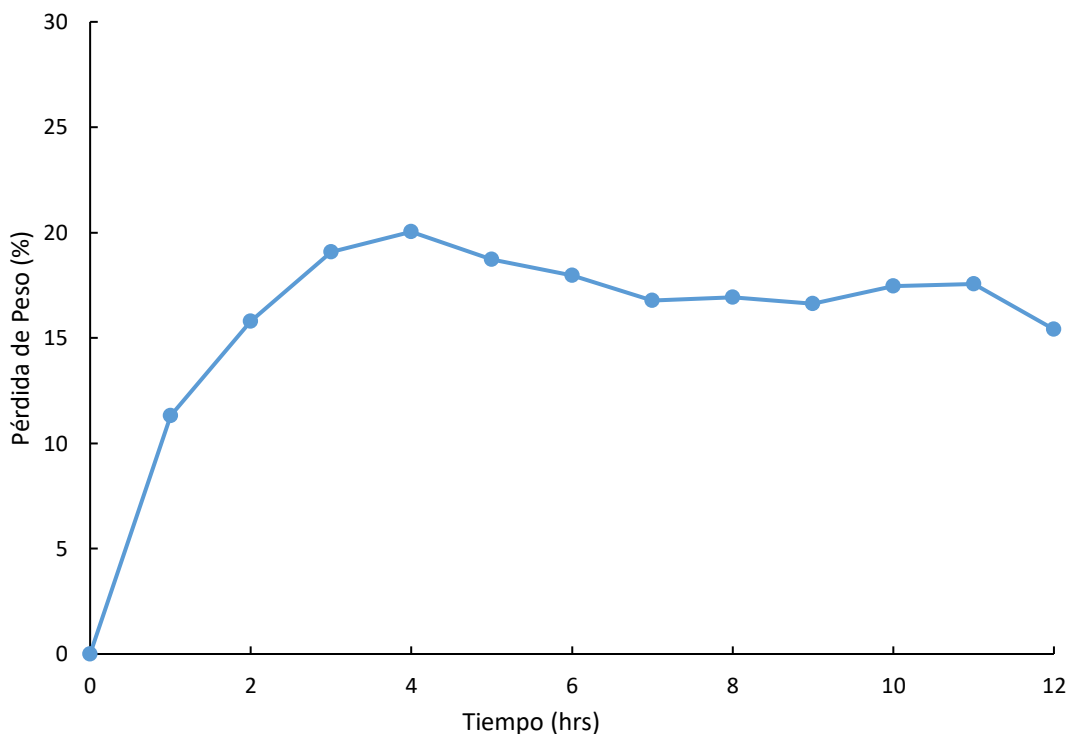


Figura 24. Peso perdido (%) del tratamiento 1 (T1).

En la Figura 24 se presenta el tratamiento 1 juntamente con su triplicado y su promedio final durante las 12 horas que estuvo en la solución; se puede observar que a partir de la hora 1 se tiene un promedio perdido de 11.2990%, al descubrir

este resultado nos damos cuenta que si hubo pérdida de peso; posteriormente con el paso del tiempo se fue incrementando (4%) el porcentaje del peso perdido, pero en la hora 4 llego a un valor promedio de 20.0368%, esto se debe a que nuestro plátano macho (*Musa balbisiana*) fue invertido a una solución de 40° Brix y se dice que a mayor grados brix existe la posibilidad de una mayor pérdida de peso (*Barbosa et al. 2000*). Sin embargo en la figura 24 se puede observar que en la hora 5 empieza a disminuir el porcentaje promedio (con una disminución del 1%); pero hasta en la hora 7 se observa que hay 16.7717 promedio de porcentaje perdido, lo cual al observar las primeras 4 horas y compararla con la hora 7 se observa que en vez de seguir incrementando esta disminuyo drásticamente, después de que empezó a tener un peso constante los valores fueron muy similares; pero en la hora 10 y 11 solo aumento 1% y en la última hora volvió a disminuir un 2% y el final fue de 15.4117%; esto sucede porque con el paso del tiempo se genera una subcapa superficial concentrada en la parte de abajo, por lo cual, es invisible ante nuestra vista y esto hace a que la materia prima y el soluto actúen como una barrera física (*Moreira et al. 2000*).

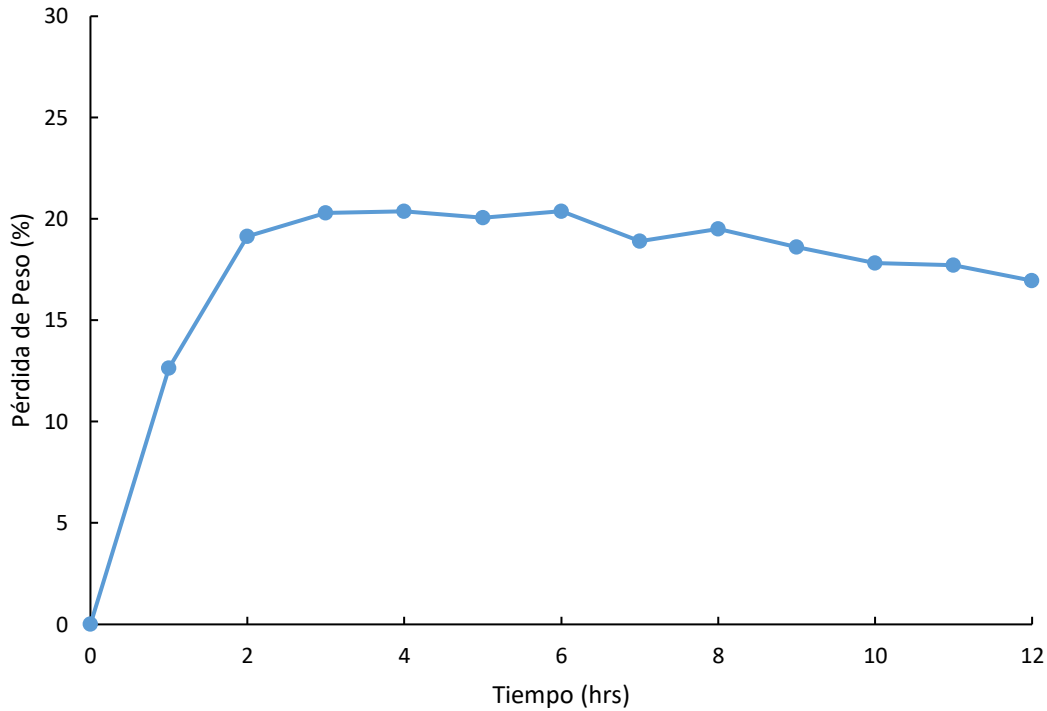


Figura 25. Peso perdido (%) del tratamiento 2 (T2).

En la Figura 25 se presenta el tratamiento 2 con sus respectivos triplicados y el promedio final que se logró obtener después de 12 horas. En la primera hora se perdió un 12.6441% de peso. Sin embargo, con el transcurso del tiempo este porcentaje creció un 7% y a partir de la hora 3 hasta la hora 6 se mantuvo en un promedio alrededor de $\pm 20\%$; esto se debe a que aún no se genera una capa de sacarosa por lo que permite la entrada del soluto hacia el plátano macho (*Musa balbisiana*), es decir, que es más pronunciada eliminación de pérdida de peso inicial durante las primeras 5 y 6 horas del proceso (Barbosa et al. 2000).

Sin embargo, en la hora 7 el promedio disminuye alrededor del 18%, una hora después vuelve a incrementar y posteriormente se empieza a tener un comportamiento descendiente, esto se debe a que nuestra materia prima contiene una membrana semipermeable, el cual permite la entrada de solutos y salida del agua, por lo cual, el peso disminuye o incrementa, por lo que con el paso del tiempo logra un promedio final de 16.9488% del pesaje perdido. El resultado final de esta

grafica no fue satisfactorio, pero para poder lograr un resultado favorable es mejor utilizar una concentración alta de soluto (*Camacho, 1994*).

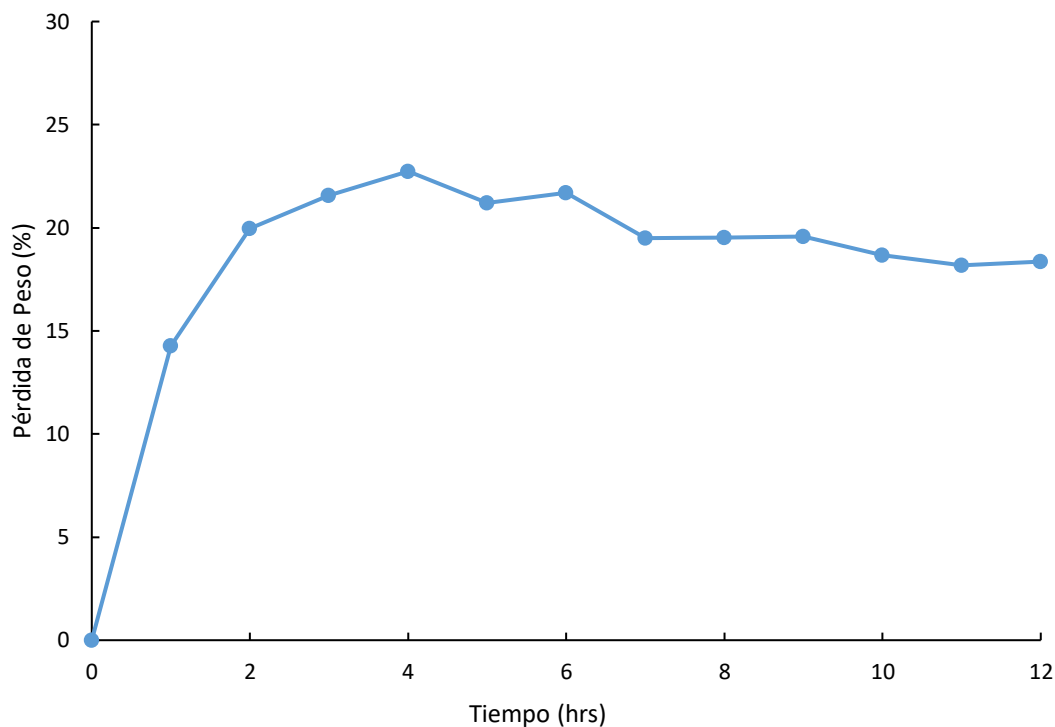


Figura 26. Peso perdido (%) del tratamiento 3 (T3).

En la Figura 26 se muestra un ascenso rápido de pérdida de peso en la 1 hora; más tarde en la 2 hora el porcentaje promedio aumento aproximadamente un 5%. Posteriormente se puede observar un comportamiento ascendente y descendente durante la hora 3 hasta la hora 12, obteniendo un final del 18.3567% de la perdida de pesaje.

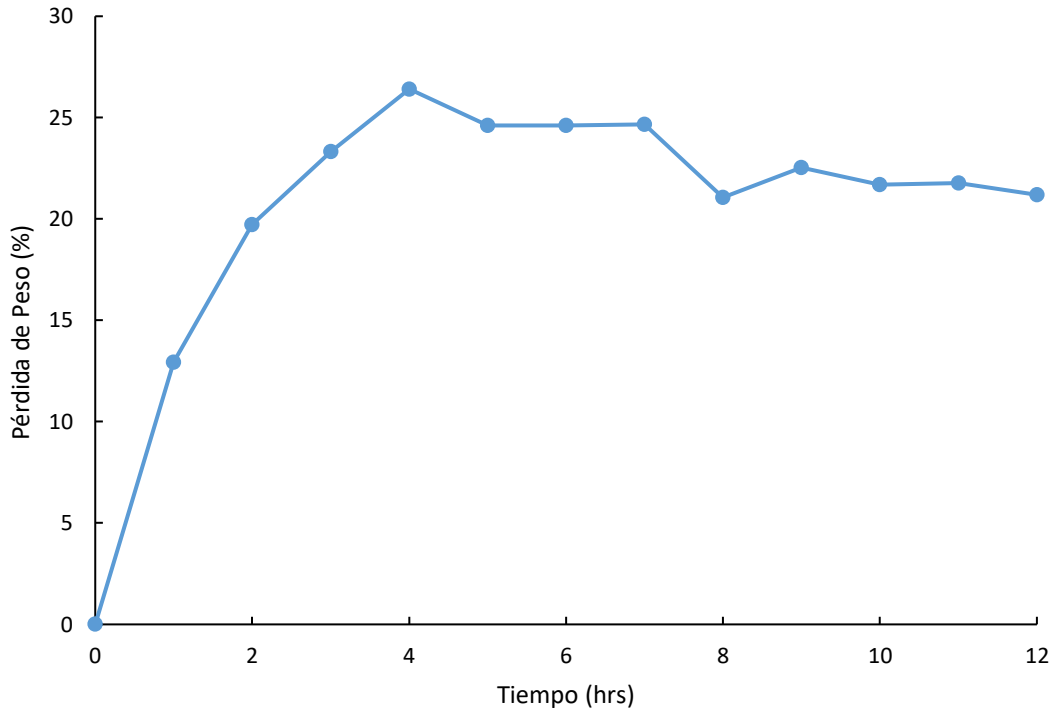


Figura 27. Peso perdido (%) del tratamiento 4 (T4).

En la Figura 27 se presenta el tratamiento 4 y a partir de la hora 1 se pierde un 12.9324% de peso. Sin embargo, en la 4 hora tuvo un incremento de aproximadamente $\pm 3\%$ que nos da como resultado 26.4103%.

Como se puede observar en la figura, durante la 4 hora desciende hasta un valor aproximadamente 24.6% y entre la hora 5-7 se puede observar en la gráfica que se muestra un comportamiento constante, pero en la hora 8 empezó a descender y a ascender sucesivamente, pero al final logro perder un 21.1873%.

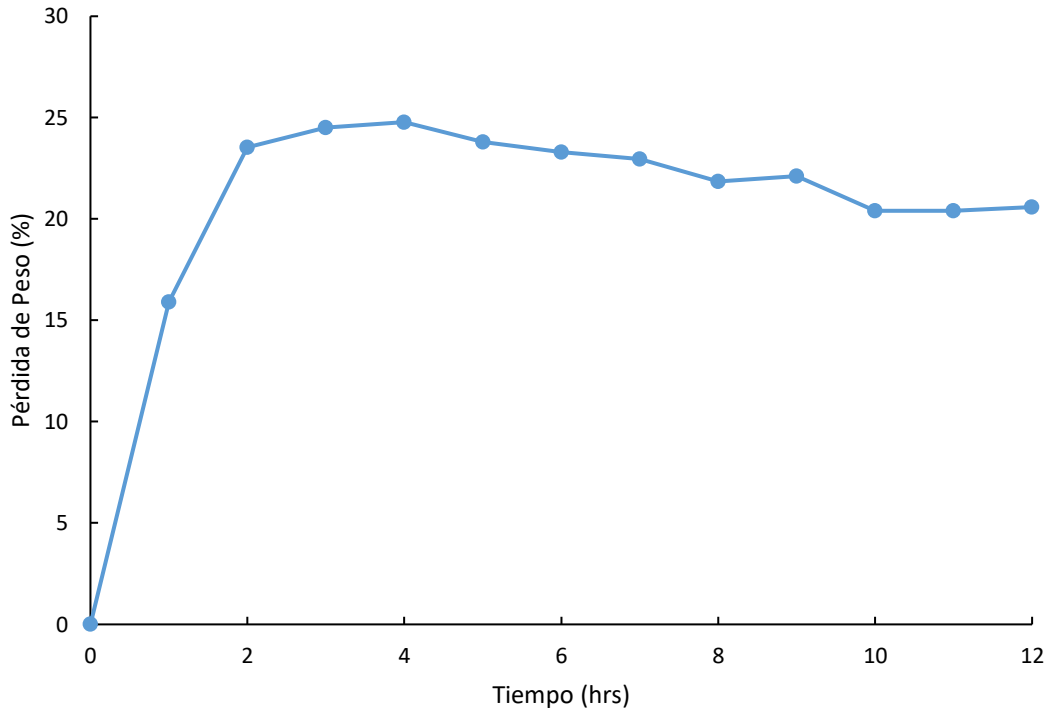


Figura 28. Peso perdido (%) del tratamiento 5 (T5).

El tratamiento 5 está ubicada en la figura 28, durante la primera hora a logrado perder el 15.8951% de peso en cambio en la 2 hora el porcentaje promedio aumento aproximadamente un 8%; en las siguientes 2 horas se mantuvo con una pérdida de peso constante, pero a partir de la 5^a hora empezó a tener un comportamiento descendente y entre la hora 8-9 se observó un leve comportamiento ascendente y descendente. Sin embargo, en la hora 10 empieza a existir un comportamiento constante logrando perder el 20.5825 % de su peso inicial. Obteniendo los resultados anteriores, se puede decir, que, si se ha cumplido uno de los propósitos de la deshidratación osmótica, lo cual, es obtener la perdida máxima de peso (Della Rocca P. 2010).

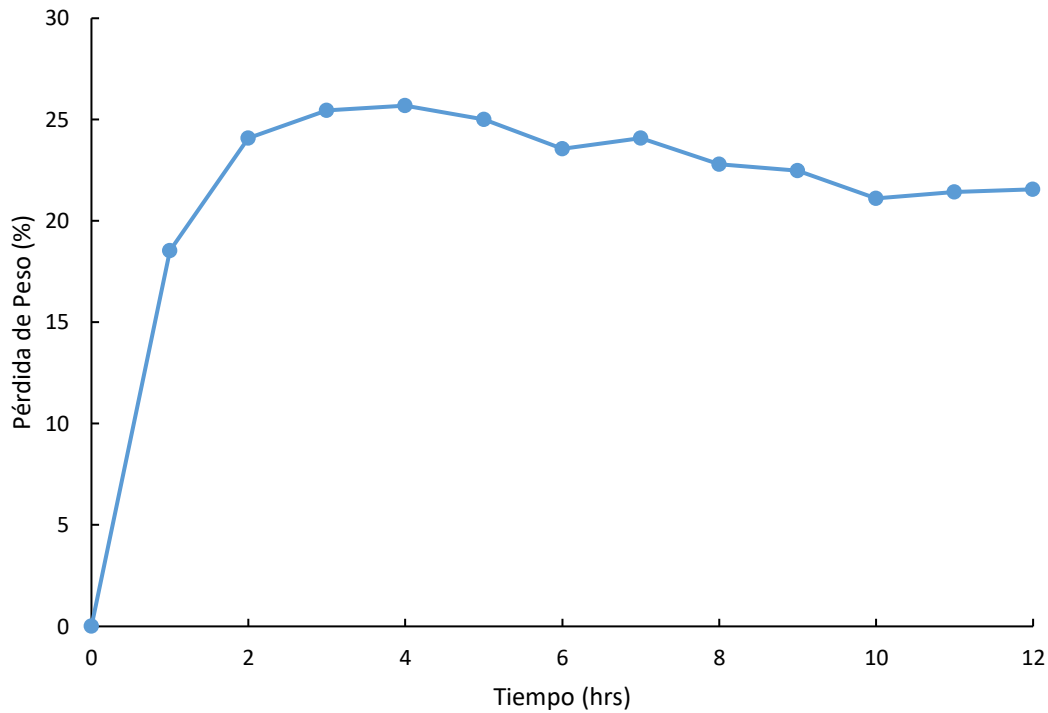


Figura 29. Peso perdido (%) del tratamiento 6 (T6).

En la Figura 29 se presenta el tratamiento 6 en la primera hora se perdió un 18.5432% consecutivamente en las siguientes horas se profundizo más la pérdida de peso con $\pm 25\%$ (Cánovas *et al.* 200), aun que, entre la hora 6 y 9 se mantuvo un comportamiento ascendente y descendente esto se debe por una subcapa que se forma bajo la superficie durante el proceso (Lazarides, 2001). Finalmente, entre la hora 10 y 12 se muestra un peso constante obteniendo un resultado del 21.5737% pérdida de peso.

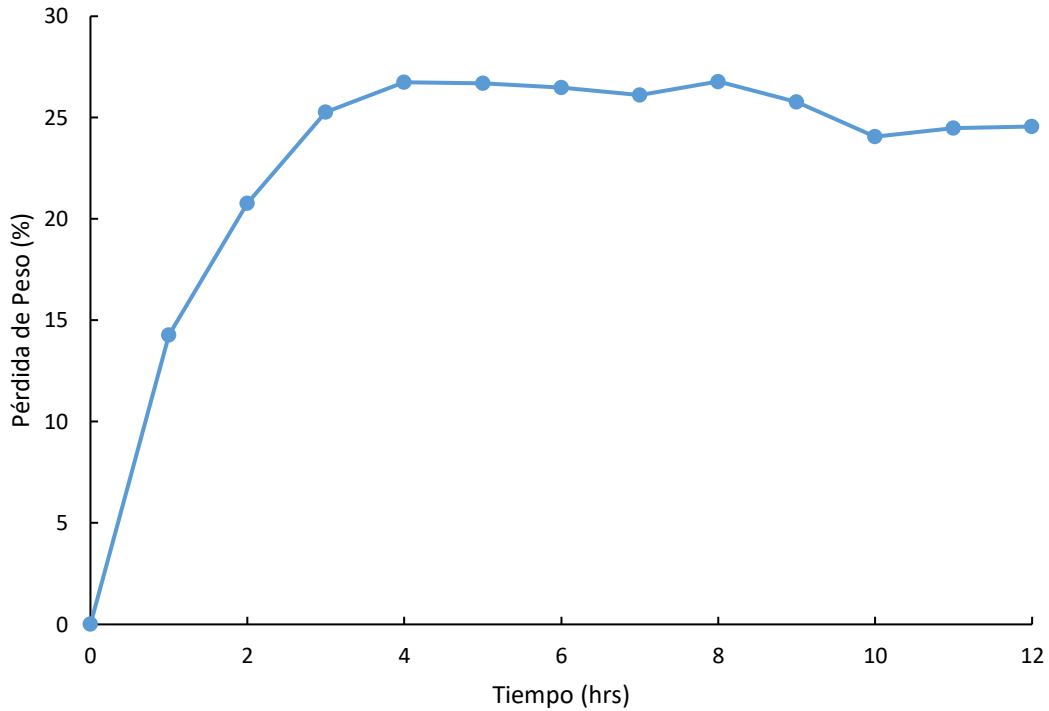


Figura 30. Peso perdido (%) del tratamiento 7 (T7).

En la Figura anterior se encuentra el tratamiento 7 con un comportamiento ascendente durante las primeras 7 horas con el 26% del peso perdido. Además, en la 8ª hora se obtuvo un 26.7833% del peso perdido, este fue un resultado favorable, es decir, la teoría nos menciona que una gran a disminución de peso se puede llevar a cabo durante las primeras 5 a 6 horas (Vega et al. 2007). En las siguientes 2 horas se mostró un comportamiento decadente; por lo tanto, en la hora 11 y 12 logró tener peso constante, en el cual este tratamiento perdió 24.5594%.

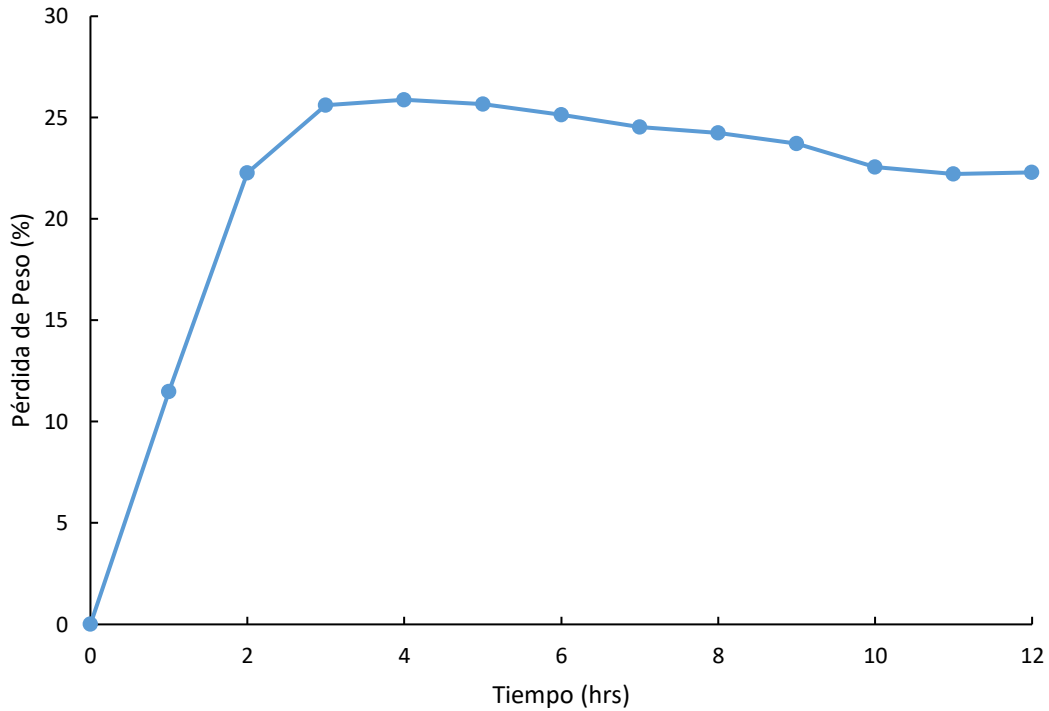


Figura 31. Peso perdido (%) del tratamiento 8 (T8).

El tratamiento 8 (Figura 31) se puede observar que durante la primera hora logró perder un 11%; en la segunda hora perdió el doble de lo que sucedió en la primera hora, dos horas después se mantuvo constante el promedio, pero en la siguiente hora empezó a tener un comportamiento descendente y en la décima hora el comportamiento fue constante logrando obtener un resultado favorable del 22.2907 % del peso perdido; el comportamiento ascendente y descendente se debe a la concentración de entrada y salida de solutos, esto se debe a que la solución utilizada en este proceso contiene dos solutos (NaCl y Sacarosa), los cuales permiten la pérdida de agua (Della Rocca P. 2010).

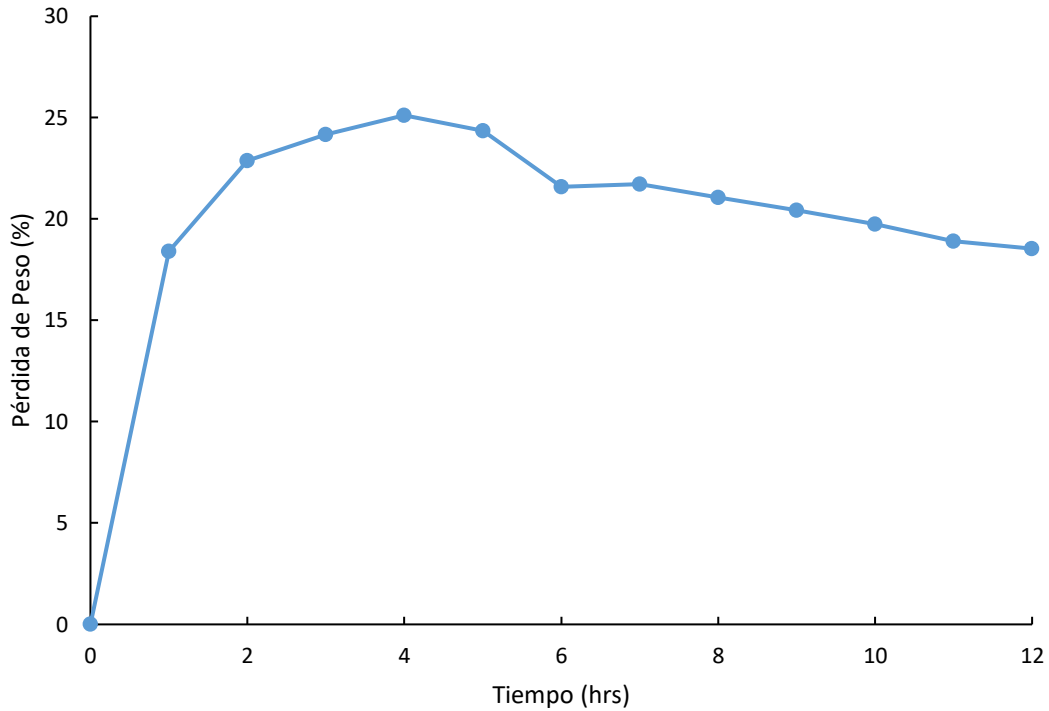


Figura 32. % Peso perdido del tratamiento 9 (T9).

En la Figura 32 se muestra el comportamiento ascendente y descendente del tratamiento 9. Como se puede observar en la primera hora logro perder un 18.4102% de peso y comparado con la 2 hora el porcentaje promedio aumento aproximadamente casi el 4 % ya que se tiene como resultado 22.8685 %, esto sucede a causa de que nuestra fruta tiene una subcapa superficial, la cual, otorga la entrada y salida del agua y por lo que se obtiene la disminución del peso, gracias al proceso de deshidratación osmótica (Talens, P., et al. 2002). Posteriormente en la hora 6 se puede observar que el promedio descendió a 21.5859% de pérdida de peso, cuando la solución se empieza a tornar viscosa, en ocasiones se logra formar una subcapa ligeramente superficial al pasar esto, es difícil que logre entrar los solutos y al mismo y tiempo gana peso, es por eso, que en las siguientes horas la pérdida de peso fue incrementando levemente hasta obtener un promedio final ± 18 % (Hubinger, et al. 2008).

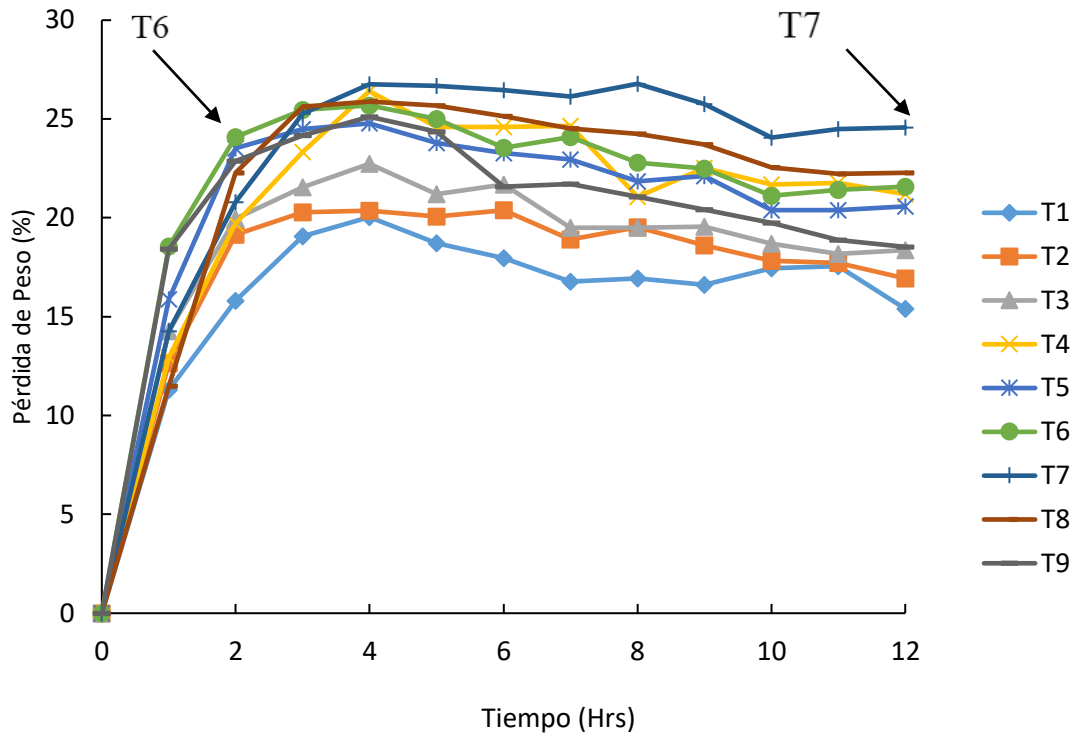


Figura 33. Porcentaje de pérdida de peso del plátano macho (*Musa balbisiana*) en deshidratación osmótica a 20 °C.

En la figura 33 se puede observar que en la temperatura de 20 °C se tiene graficado todos los tratamientos; en donde se muestra la pérdida de peso en porcentaje con respecto al tiempo. Sin embargo, durante las primeras dos horas se pierde un gran porcentaje de peso como se puede observar en el tratamiento 6, que durante la segunda hora perdió un 24.08 %; por lo tanto, el mejor tratamiento fue el número 7, durante la doceava hora, obtuvo un resultado de 24.55 % que tiene una concentración de 60 % sacarosa y 5 % de cloruro de sodio (Giraldo, 2003 y Conway et al., 1983).

4.2 Deshidratación osmótica a T = 40 °C

Este análisis se realizó en los 9 tratamientos antes descritos, bajo condiciones de temperatura igual 40 °C, el material vegetal (plátano) cortado en rodajas se introdujo en recipientes que contenían 100 ml de solución binaria de sacarosa y NaCl, por un lapso de 12 horas, en las cuales cada hora se monitoreo el peso de la rodaja en cada uno de los tratamientos.

Con los pesos obtenidos cada hora, se calculó el porcentaje promedio de peso perdido para cada tratamiento, los cuales se muestran en las siguientes Figuras.

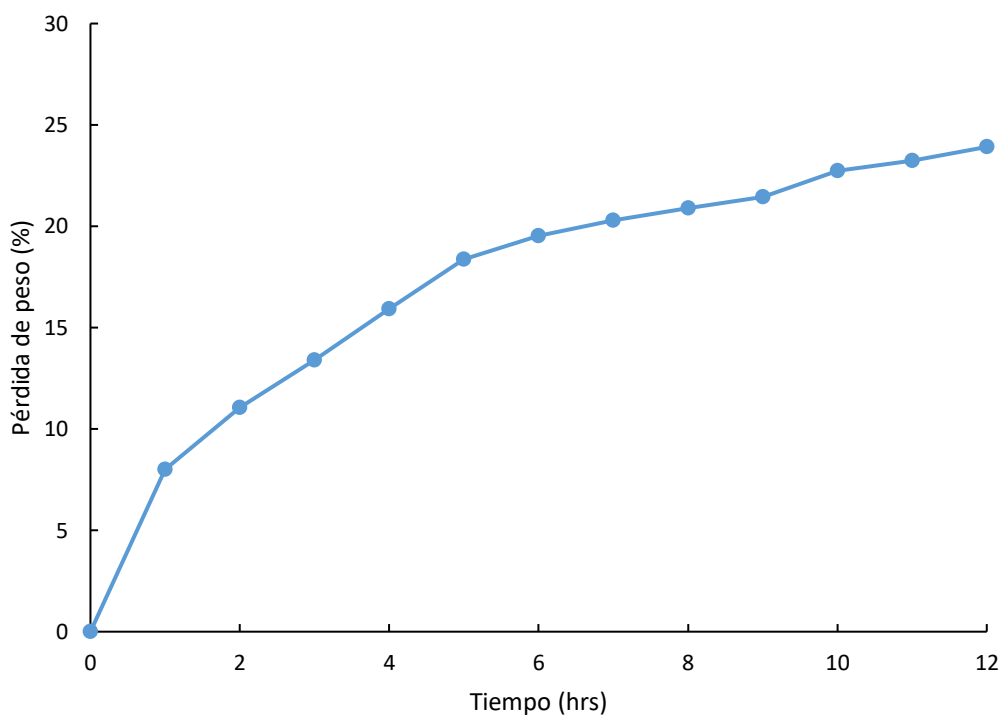


Figura 34. Peso perdido (%) del tratamiento 1 (T1).

Como se puede observar en la Figura 34 se muestra el porcentaje de peso perdido en rodajas de plátano (*Musa balbisiana*) a diferentes tiempos de inmersión, este análisis de realizo por triplicado, por lo tanto, se tuvo que calcular el promedio de estos valores para para poder graficar el tratamiento 1. Se observa el comportamiento de la deshidratación osmótica del plátano a estas condiciones de

operación ($T=40\text{ }^{\circ}\text{C}$, sacarosa a 40°Brix , $\text{NaCl } 5\text{ \%p/v}$). El comportamiento que presenta de la hora inicial ($\text{hr} = 0$) a la hora 1 es el más notorio, ya que presenta una pérdida mayor en el lapso de una hora, mientras que, en las horas siguientes siguió perdiendo peso, pero en pequeñas cantidades, los resultados obtenidos coinciden con el trabajo descrito por Giraldo en 2004, el cual consistió en deshidratar mango con diferentes gradientes de temperatura, en donde con una temperatura igual a $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ y una solución de sacarosa al 40% se obtuvo una disminución del 30.7% de su peso inicial.

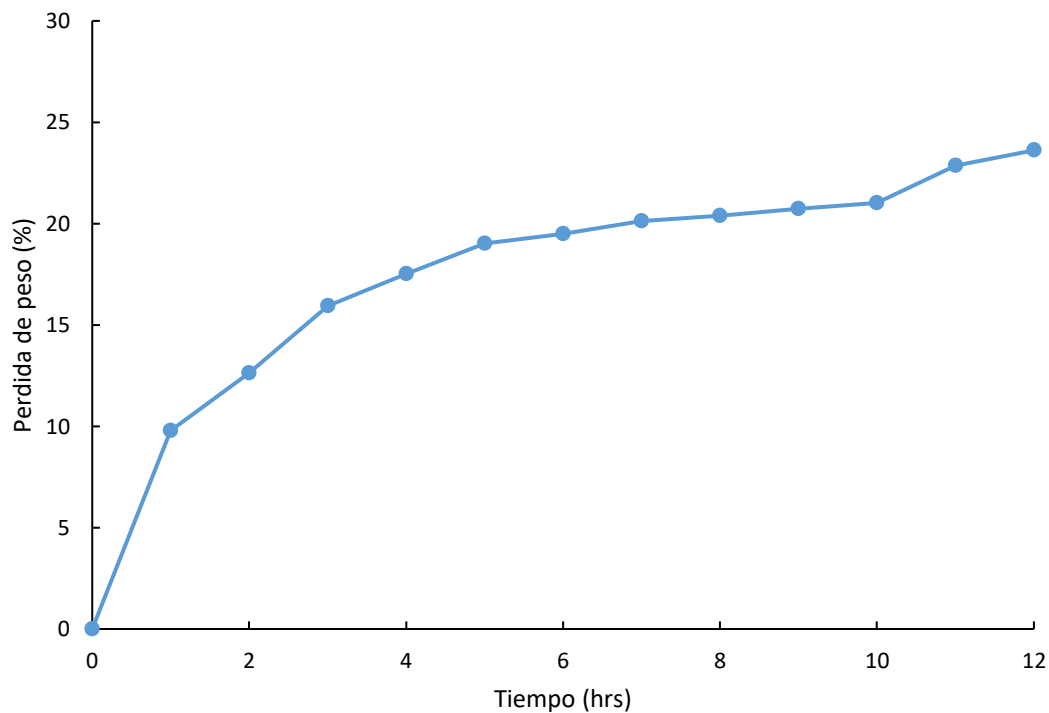


Figura 35. Peso perdido (%) del tratamiento 2 (T2).

En la Figura 35 se muestra el comportamiento de la pérdida de peso del tratamiento 2, el cual presenta las siguientes condiciones; $T=40^{\circ}\text{C}$, Sacarosa 40°Brix , $\text{NaCl } 10\text{ \% p/v}$. Al inicio del proceso, en la primera hora de sumergir el material vegetal en la solución se observa el mayor % de peso perdido, es decir, perdió inicialmente 9.790% de su peso en un lapso de 1 hora, en comparación con el resto del tiempo que lo perdía entre $1-3\%$ de su peso aproximadamente, como

lo describe en el trabajo realizado por Corzo *et al* en 2003, el cual afirma que en un proceso de deshidratación osmótica el alimento llega a perder hasta el 15% de su peso, en la primera hora de inmersión.

Se observa una pérdida de peso ascendente, hasta que llega a un punto de estabilización en el cual, la pérdida de peso ya no es muy significativa, disminuyendo solo 1% de su peso anterior. En este tratamiento, el material vegetal perdió un total de 23.614 % de su peso inicial, el cual es pequeño en comparación con el peso total perdido del tratamiento 8 obtenido transcurridas 12 horas de deshidratación.

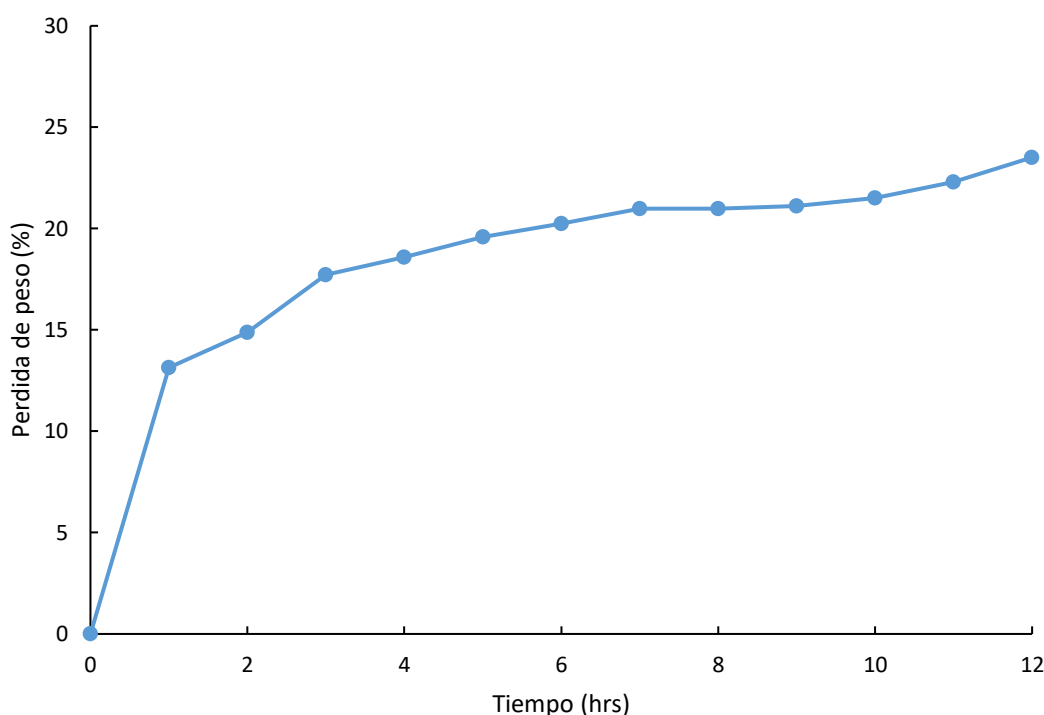


Figura 36. Peso perdido (%) del tratamiento 3 (T3).

Se observa en la Figura 36, el comportamiento de la pérdida de peso para el tratamiento 3, el cual presentaba las siguientes condiciones; T=40°C, Sacarosa 40°Brix, y NaCl 15 %p/v. al inicio de la deshidratación (transcurrida 1 hora) se observa una pérdida de peso inicial aproximadamente del 13%, siendo este una disminución del peso inicial muy significativa (Corzo *et al.* 2003). En las siguientes horas de monitoreo del peso, se obtuvo un porcentaje de pérdida de peso entre el 1-3 % con respecto al porcentaje de peso anterior. Después de la primera hora en

la solución binaria, se mostró un comportamiento estable, ya no se observó una pérdida significativa de peso. A las 12 horas de estar las rodajas de plátano inmersos en la solución binaria se obtuvo un porcentaje de peso perdido de 23.5092 %, el cual fue menor que el tratamiento 2. Gaspareto *et al* en 2004 deshidrataron osmóticamente banana a una concentración de 15 % de NaCl y sacarosa (30 ° Bx) el cual tuvo un porcentaje de peso perdido similar al que se obtuvo en este trabajo, siendo este el 20.63 % de peso perdido.

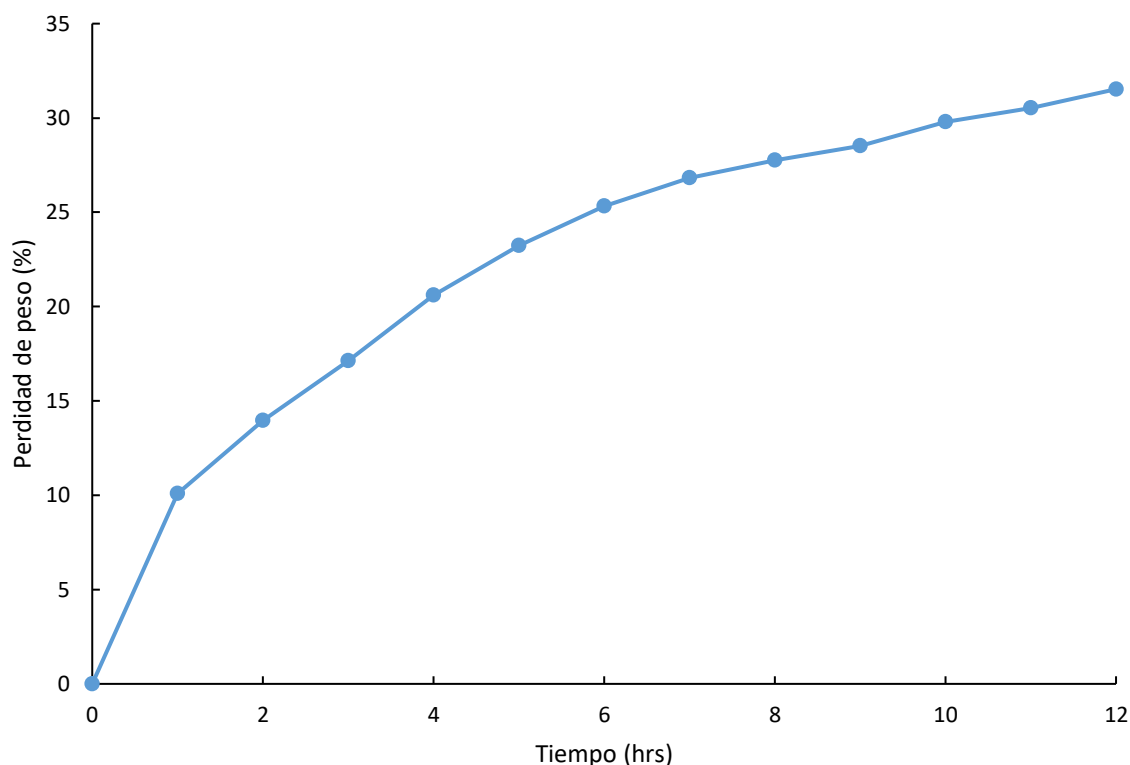


Figura 37. Peso perdido (%) del tratamiento 4 (T4).

En la Figura 37 se observa la gráfica del peso perdido en porcentaje del tratamiento 4, el cual estuvo en las siguientes condiciones: T=40°C, Sacarosa 50°Brix y NaCl 5%p/v .

Este tratamiento tuvo un promedio de pérdida de peso inicial del 10.0929491%. En las siguientes horas su porcentaje de peso perdido vario entre 1-4% más con respecto al inicial, hasta terminar las doce horas del proceso, obteniendo un comportamiento ascendente en cuanto al porcentaje perdido de

peso, en cuanto a los datos obtenidos por triplicado fueron muy similares para este tratamiento, dando como promedio al concluir las doce horas un valor de 31.524 % de pérdida de peso (Giraldo 2004).

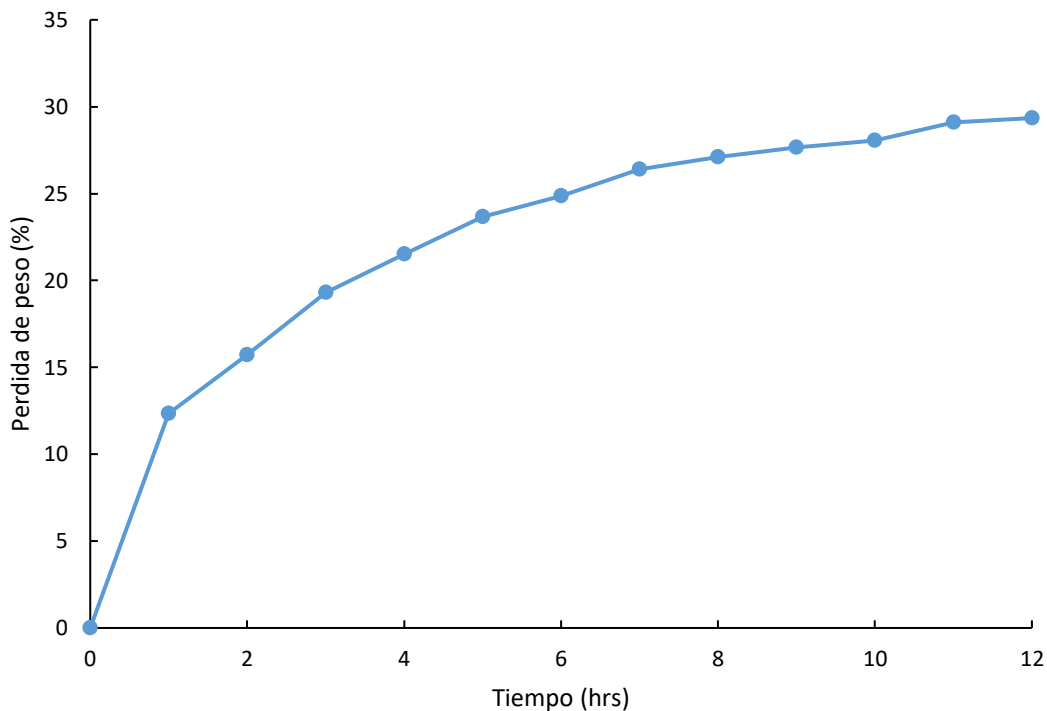


Figura 38. Peso perdido (%) del tratamiento 5 (T5).

La Figura 38 muestra el comportamiento de la deshidratación osmótica para el tratamiento 5, el cual se expuso a unas condiciones específicas, las cuales fueron: T=40°C, Sacarosa 50°Brix y NaCl 10%p/v.

El porcentaje de peso perdido en la primera hora de sumergirlas rodajas de plátano en la solución fue de 12.352 %, en comparación con la pérdida de peso obtenida cada hora, esta es la que más porcentaje de peso perdió con respecto al peso anterior (Maestrelli, 1997). En las siguientes horas se fue perdiendo peso entre 1-4% de más, en comparación con los pesos previos. La grafica muestra que el porcentaje de pérdida de peso va en aumento conforme transcurre su tiempo en la solución, llegando a un punto de estabilidad a la hora 7. El porcentaje de peso máximo perdido fue de 29.396 %.

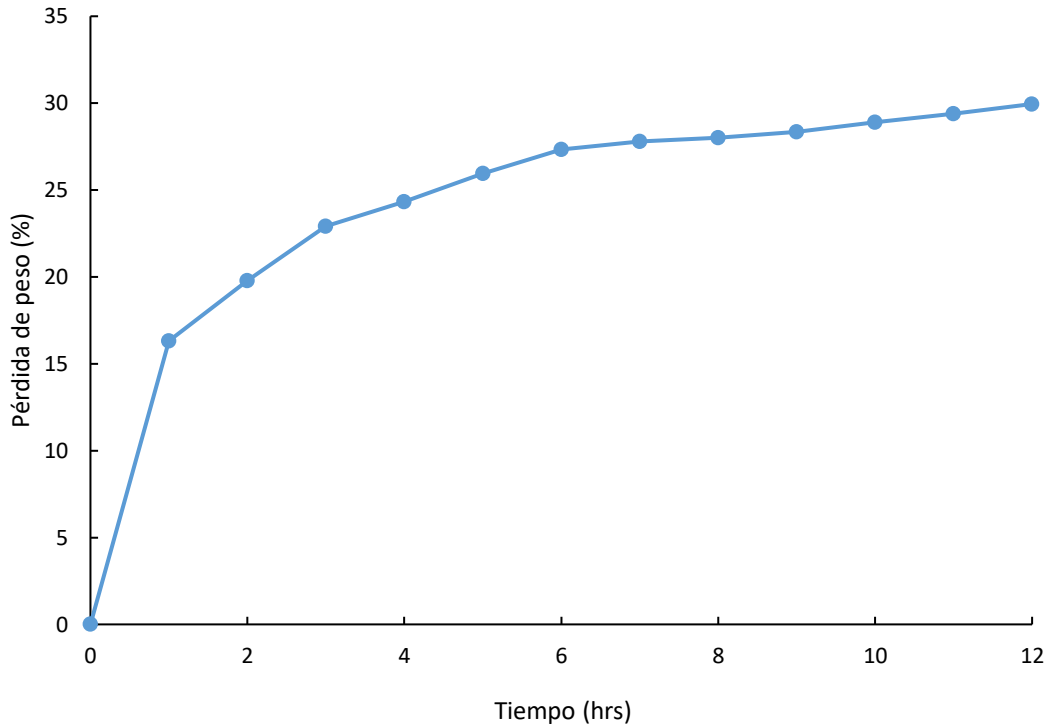


Figura 39. Peso perdido (%) del tratamiento 6 (T6).

En la Figura 39 observamos el comportamiento de porcentaje de pérdida de peso mediante un proceso de deshidratación osmótica con las condiciones del tratamiento 6, las cuales fueron: $T=40^{\circ}\text{C}$, Sacarosa 50°Brix y $\text{NaCl } 15\% \text{p/v}$.

El porcentaje de peso perdido inicialmente fue de 16.3169241%, este dato fue obtenido en la primera hora de trabajo, en comparación con la pérdida de peso obtenida cada hora, esta es la que más porcentaje de peso perdió en comparación con el peso anterior, ya que en las siguientes horas se fue perdiendo peso entre 1-3%, en comparación con los pesos previos. La grafica muestra que el porcentaje de pérdida de peso va en aumento conforme transcurre su tiempo en la solución, llegando a un punto de estabilidad a la hora 6. El porcentaje de peso máximo perdido fue de 29.9491816% (Vega, A., et al, 2007).

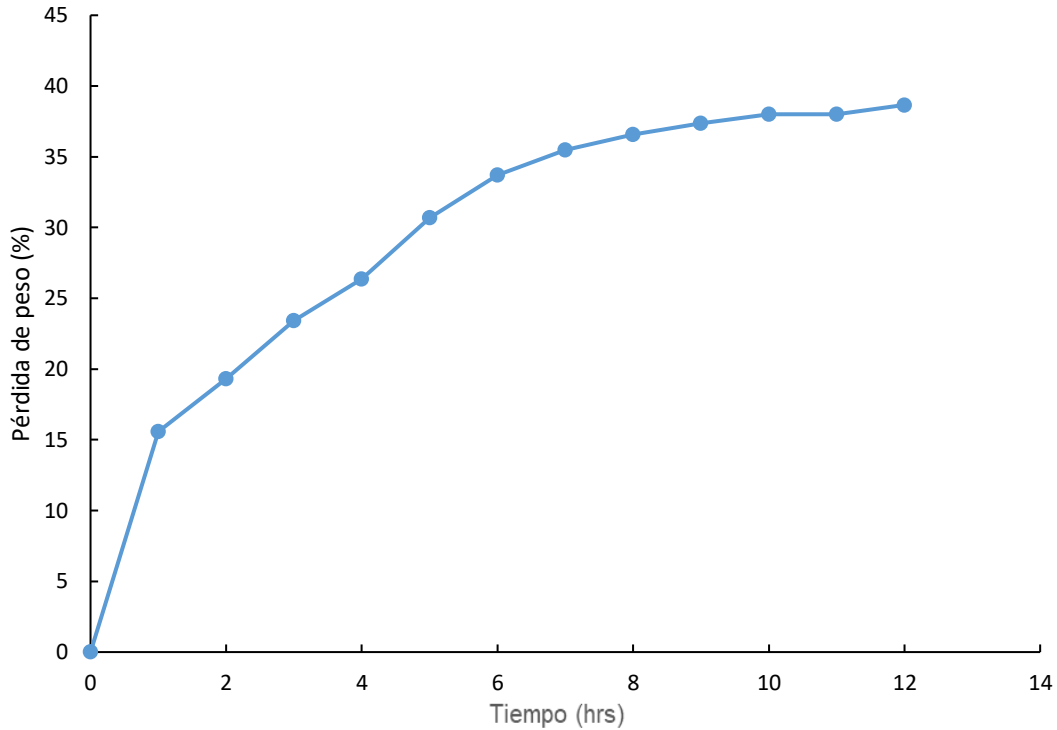


Figura 40. Peso perdido (%) del tratamiento 7 (T7).

En la Figura 40 observamos el comportamiento de un proceso de deshidratación osmótica para las condiciones del tratamiento 7, las cuales fueron: $T=40^{\circ}\text{C}$, Sacarosa 60°Brix y $\text{NaCl } 5\% \text{p/v}$.

El porcentaje de peso perdido inicialmente fue de 15.563944% , este dato fue obtenido en la primera hora del proceso, en comparación con las siguientes horas, esta hora es la que más porcentaje de peso perdió con respecto a su peso inicial, ya que en las siguientes horas se fue perdiendo peso entre $1\text{-}4\%$ (Giraldo, 2003). Se muestra en la figura que conforme transcurre el material vegetal en la solución binaria se va perdiendo peso en el producto, teniendo así un comportamiento drástico en la primera hora, llegando a un punto de estabilidad a la hora 7. El porcentaje máximo de peso perdido fue de 38.664% , siendo este uno de los más altos para esta temperatura.

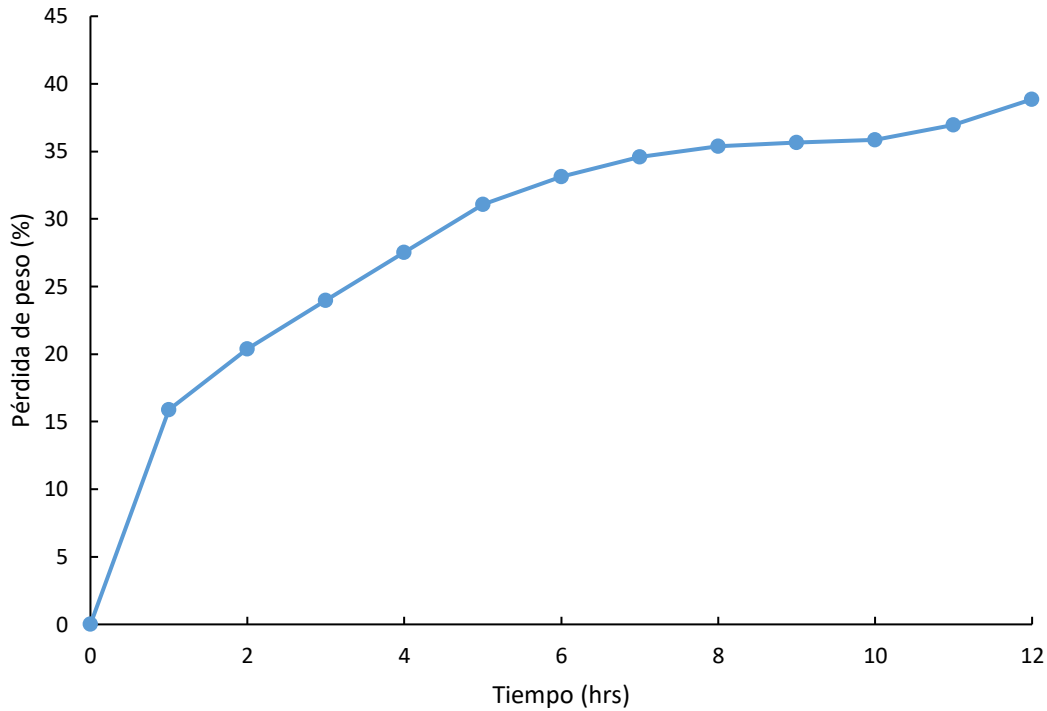


Figura 41. Peso perdido (%) del tratamiento 8 (T8).

En la Figura 41 observamos el comportamiento de la deshidratación osmótica para las condiciones del tratamiento 8, las cuales fueron: $T=40^{\circ}\text{C}$, Sacarosa 60°Brix y NaCl $10\% \text{p/v}$.

En la figura se muestra que el porcentaje de peso perdido inicialmente fue de 15.8781149% , esto se observa en la primera hora de haber sumergido la rodaja de plátano macho en la solución, y en las siguientes horas del proceso se observa que fue perdiendo peso entre $1\text{-}5\%$, en comparación con los pesos previos (Giraldo, 2003). La grafica muestra que el porcentaje de pérdida de peso va en aumento conforme transcurre su tiempo en la solución, teniendo un comportamiento drástico en la primera hora, y llega a un punto de estabilidad entre la hora 7-10, después de esa hora comenzó a aumentar notablemente. El porcentaje de peso máximo perdido fue de 38.8584872% , doce horas después de sumergir las rodajas en la solución.

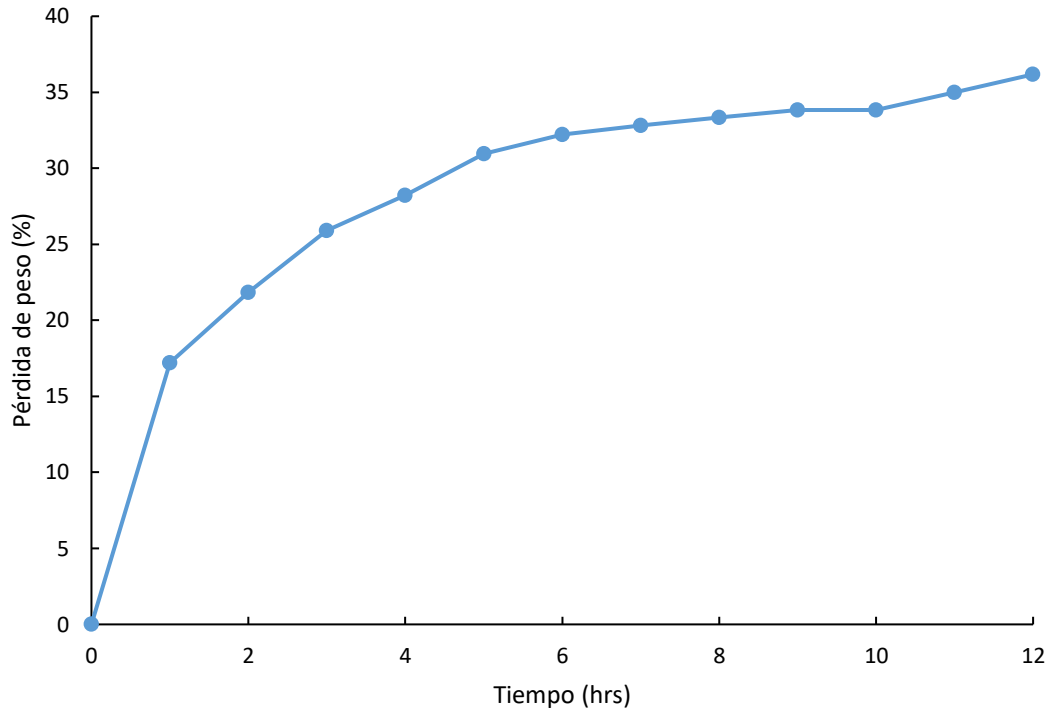


Figura 42. Peso perdido (%) del tratamiento 9 (T9).

En la Figura 42 observamos el comportamiento de la deshidratación osmótica para el tratamiento 9, las condiciones fueron: $T=40^{\circ}\text{C}$, Sacarosa 60°Brix y NaCl $15\% \text{p/v}$.

En la primera hora del proceso el porcentaje de peso perdido fue de 17.1959% , en esta hora se obtuvo el mayor porcentaje perdido de peso en comparación con las horas posteriores que se pesaron las rodajas, ya que fue perdiendo peso entre $1-4\%$. La figura muestra que el porcentaje de pérdida de peso va en aumento conforme transcurre su tiempo en la solución, teniendo una disminución muy notoria en la primera hora, posteriormente llega a un punto de estabilidad entre la hora 6-10, después de esa hora hubo un aumento notorio en el porcentaje perdido de peso de la rodaja, hasta concluir con las doce horas. El porcentaje de peso máximo perdido fue de 36.1784% (Corzo *et al*, 2003).

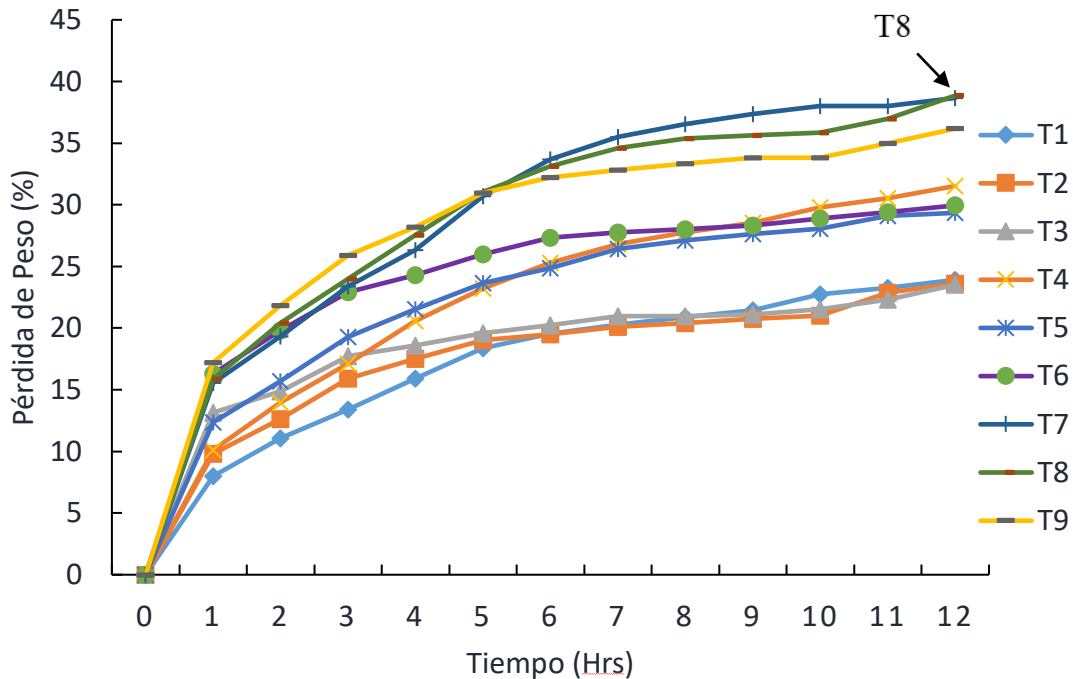


Figura 43. Porcentaje de pérdida de peso del plátano macho (*Musa balbisiana*) en deshidratación osmótica a 40 °C.

En la figura 43 se puede observar que en el proceso de deshidratación a una temperatura de 40 °C los tratamientos obtenidos tienen un comportamiento típico de una deshidratación osmótica (Pereda, 1998). En la figura se muestra que los tratamientos tienen comportamientos similares, como es el caso del tratamiento 1, 2 y 3 en los cuales el porcentaje de pérdida de peso es similar, al igual que los tratamientos 4, 5 y 6, y también los tratamientos 7, 8 y 9. El mejor tratamiento fue el 8 con una pérdida del 38.85 % con una concentración del 60 % de Sacarosa y 10 % de NaCl, dichos resultados coinciden con los obtenidos por Vega y colaboradores en 2007, donde se deshidrato osmóticamente papaya chilena seguido de un proceso de deshidratación por flujo laminar a la misma temperatura, teniendo resultados favorables.

4.3 Deshidratación osmótica a T = 60°C

En las siguientes figuras se encuentran todos los promedios del peso perdido durante las 12 horas donde las rebanas de plátano estuvieron en la solución binaria de Sacarosa y NaCl (tratamiento 1-9).

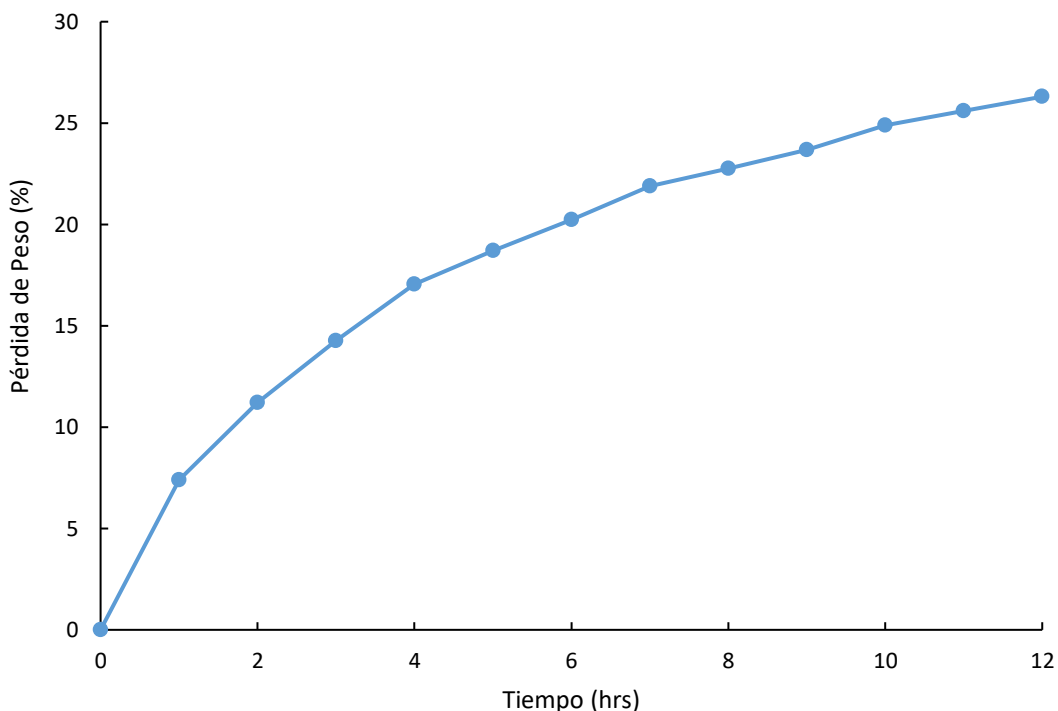


Figura 44. Peso perdido (%) del tratamiento 1 (T1).

Este tratamiento a mostrado un comportamiento ascendente durante la primera hora perdió 7.3794%; durante la segunda hora perdió un 4% más de lo que había perdido anteriormente. En las siguientes horas fue ascendiendo un 3% entre cada hora hasta llegar a perder el 17.0490%; pero durante la 5 hora fue incrementando el 1%, para finalizar en la última hora había perdido el 26.3025 %, este incremento se pudo llevar a cabo debido a su concentración alta de sacarosa (Conway et al. 1983).

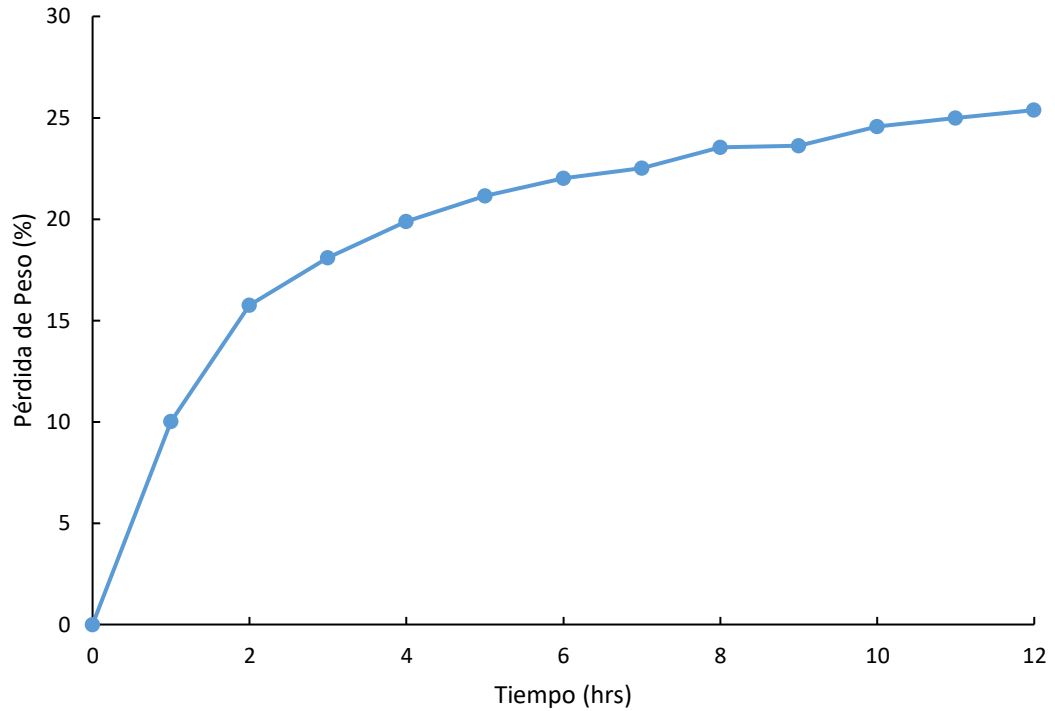


Figura 45. Peso perdido (%) del tratamiento 2 (T2).

El tratamiento 2 (Figura 45) logró perder un 10% del peso inicial durante la primera hora, posteriormente en la segunda hora solo incremento un 5 %; con el transcurso del tiempo el tratamiento empezó a ascender solo el $\pm 2\%$. En la 8 hora se muestra un peso constante con un $\pm 23\%$ donde solo logro incrementar 1%. Sin embargo, la gran pérdida de peso del plátano macho (*Musa balbisiana*) se debe al peso molecular que contiene la sacarosa, es por eso, que en las siguientes últimas horas se logró obtener un final del 25.3768 % (Ponting et al. 1996).

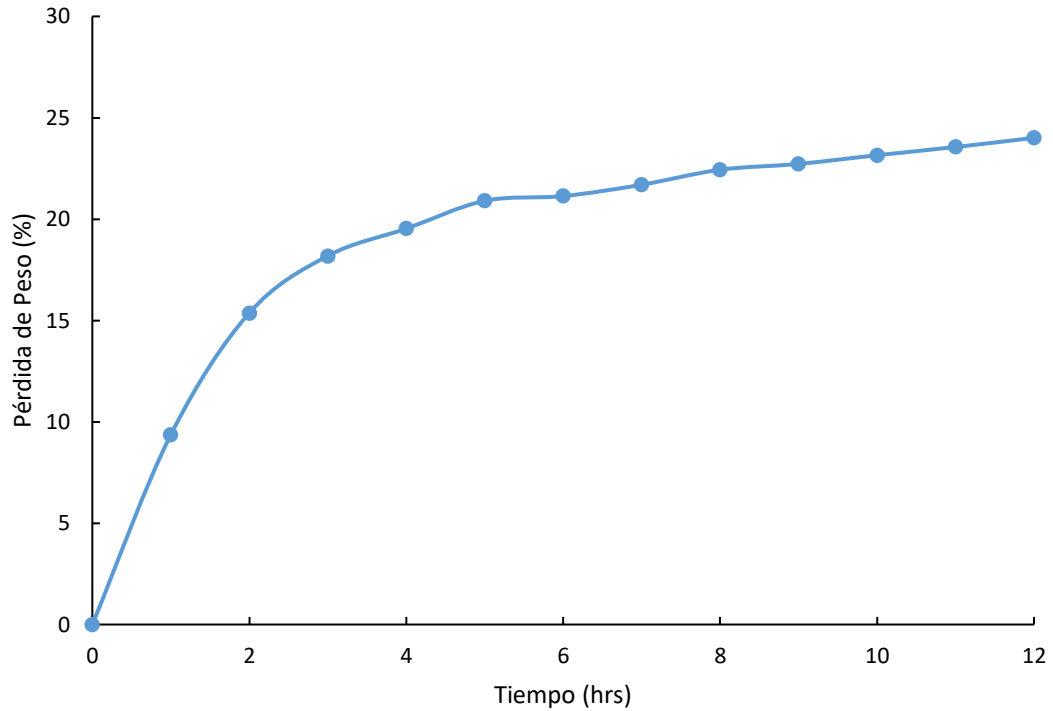


Figura 46. Peso perdido (%) del tratamiento 3 (T3).

En la figura 46 (Tratamiento 3) se muestra un comportamiento ascendente durante las 5 primeras horas, logró perder un 20.8999%, más adelante solo fue incrementando el 1% de su pérdida, obteniendo cada dos horas un peso constante (hora 6-9). Sin embargo, a partir de la hora 10 y 12 incremento el $\pm 1\%$, además, el resultado final de este tratamiento es muy favorable debido al logro de impregnación de los solutos, es decir, a mayor tiempo de deshidratación mejor pérdida de peso, por lo tanto, se logró perder el 24% de su peso inicial (Della Rocca P. 2010).

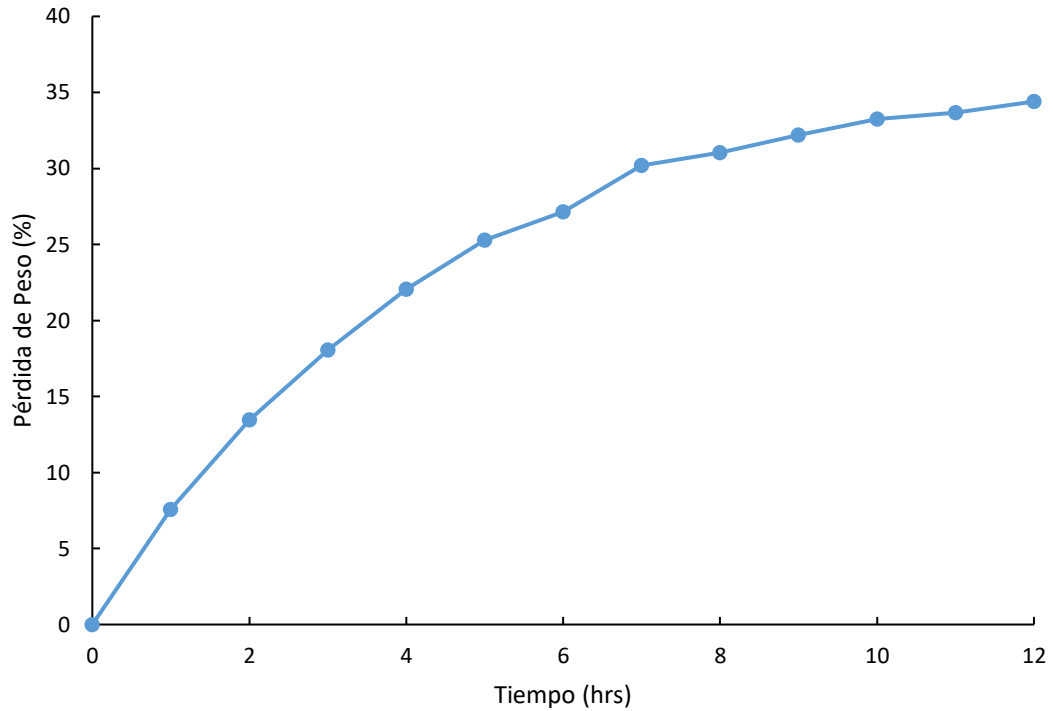


Figura 47. Peso perdido (%) del tratamiento 4 (T4).

En la figura 47, está el tratamiento 4, durante 6 horas logró perder 27.1290 % del peso inicial, en la siguiente hora aumento 3% obteniendo el resultado del 30.1804 %; posteriormente fue ascendiendo levemente con el 1% hasta llegar a un peso constante del 33%, finalmente se logró perder el 34.3999% respecto al peso inicial. Como ya se ha dicho anteriormente la sacarosa tiene un alto tamaño de peso molecular (Della Rocca P. 2010) y también es favorable utilizar una temperatura mayor de 50°C (Rastogi N. y Raghavarao, 2004).

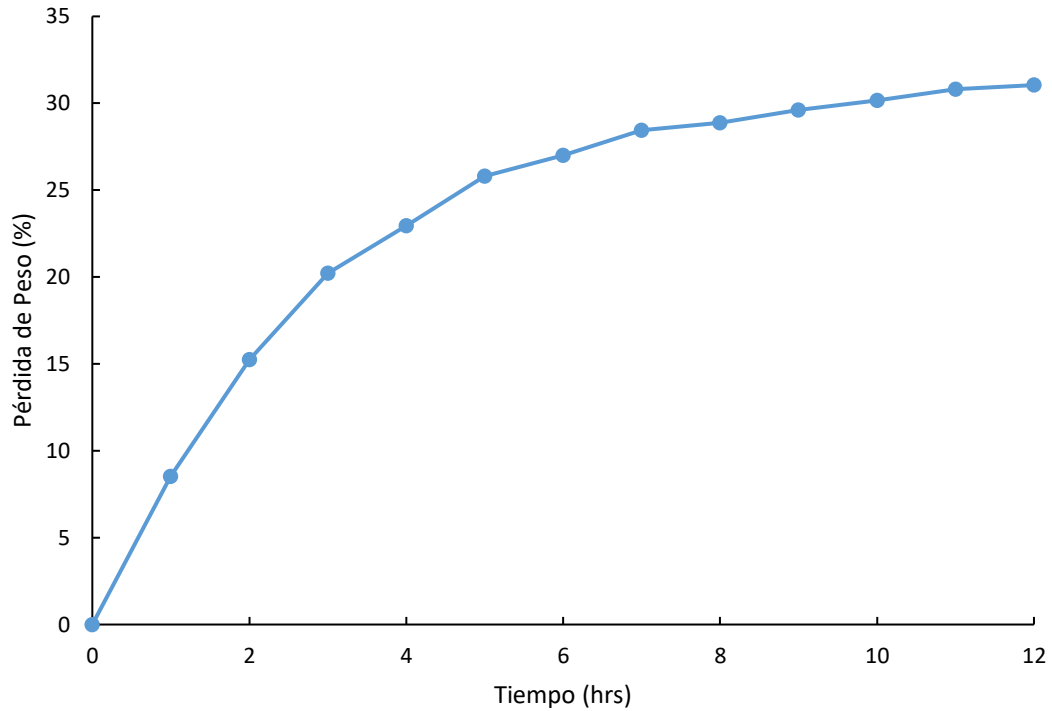


Figura 48. Peso perdido (%) del tratamiento 5 (T5).

En la figura 48 se puede observar un incremento de la deshidratación con forme pasa el tiempo, durante la primera hora logro perder 8.5286 % más adelante la segunda hora logró perder más del doble del porcentaje perdido en comparación de la primera, posteriormente fue incrementando del ± 5 %. Sin embargo, a partir de la séptima hora solo incremento el 1 % y se mantuvo estable, pero a partir de la novena hora fue ascendiendo el peso perdido hasta llegar a perder un 31.0463% durante la última hora. El comportamiento ascendente de este tratamiento se debe a la alta concentración de sacarosa que se encuentra inmerso en la solución; creando una fuerza impulsora y a su vez una diferencia de presiones osmóticas en los interiores del producto y solución (Conway et al. 1983).

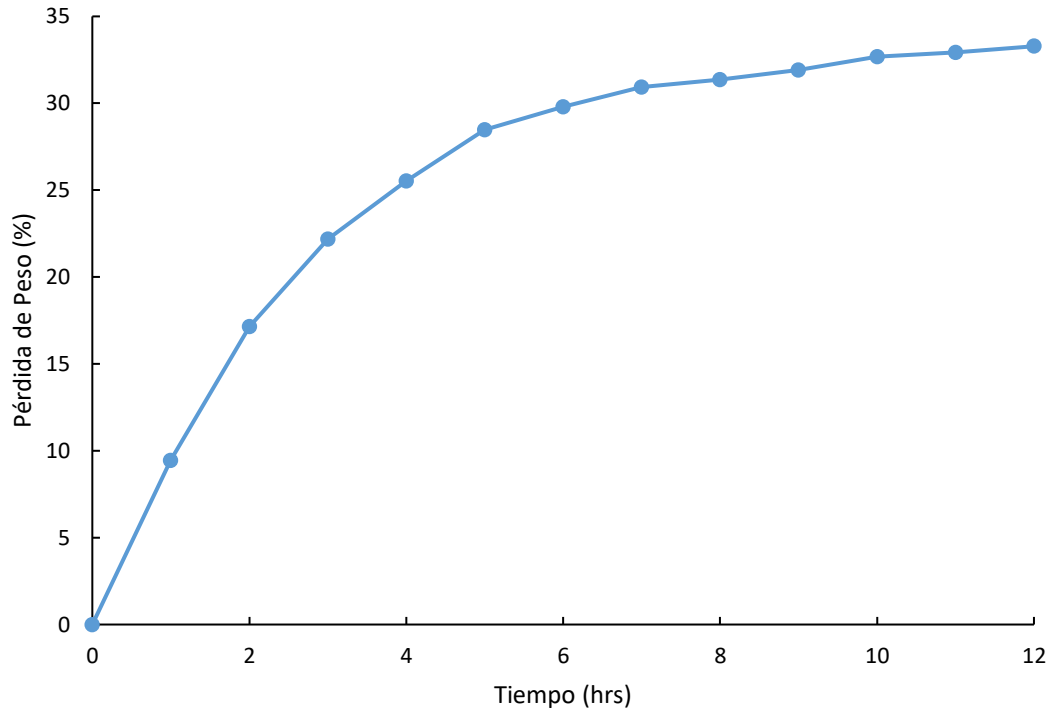


Figura 49. Peso perdido (%) del tratamiento 6 (T6).

El tratamiento 6 ha demostrado un gran incremento durante la 1 hora, por lo que ya había perdido el 9.4608% (Figura 49), en la 2ª hora perdió casi el doble (17.1288%) que en la primera hora, si no, fue hasta la hora 6 que logró perder el 29.8009% con el transcurso del tiempo la pérdida de peso solo ascendió 1% y se mantuvo levemente constante, posteriormente volvió a incrementar el 1%, obteniendo un resultado del 33.2812 % del peso perdido.

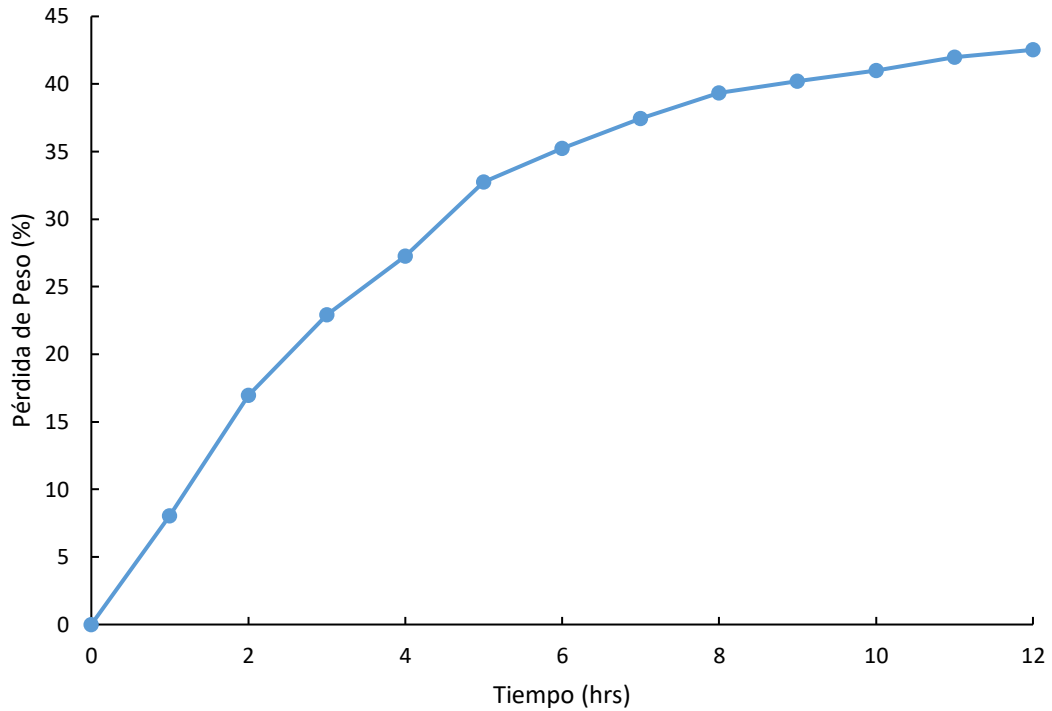


Figura 50. Peso perdido (%) del tratamiento 7 (T7).

En la figura 50 se puede observar un incremento de la deshidratación con forme pasa el tiempo, durante las primeras 2 horas había perdió el 16% del peso inicial, con el transcurso del tiempo, entre la hora 3 y 5 fue incrementando $\pm 6\%$; cuando se utiliza la Sacarosa y el NaCl surge un efecto llamado deshidratación sinérgico, es decir, realiza la perdida de agua del plátano macho (*Musa balbisiana*) generando una deshidratación mayor (Della Rocca P. 2010); además, en las siguientes horas solo incremento un 2%, teniendo levemente un peso constante, pero al llegar a la 12 hora solo incremento 1%, obteniendo un porcentaje final del 42.5270% del peso perdido.

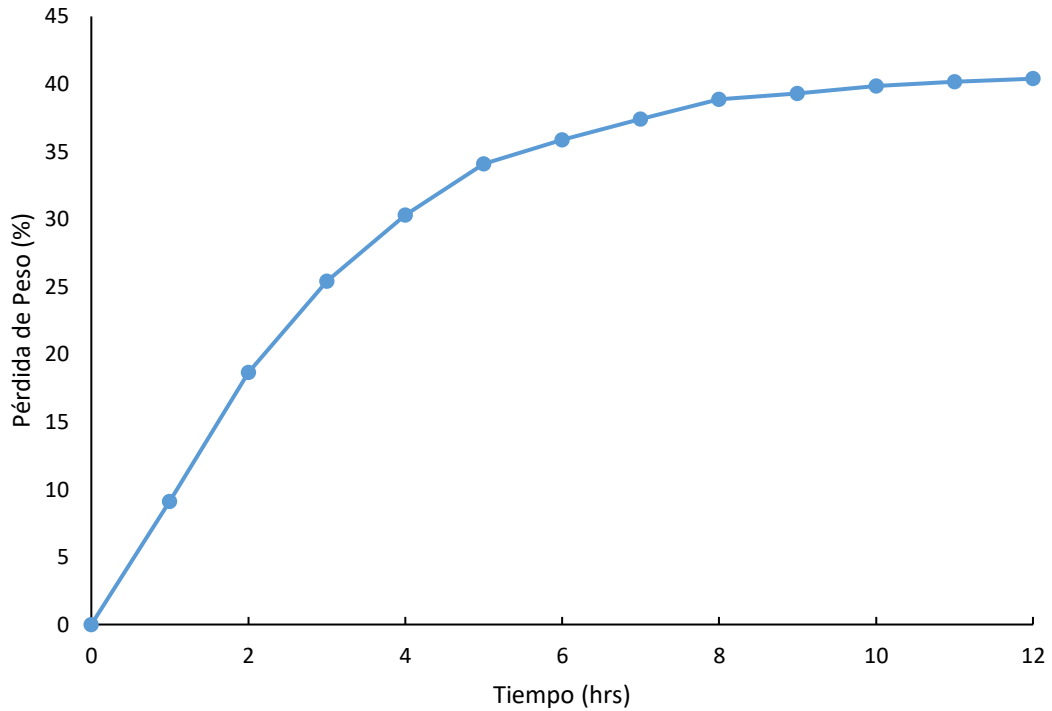


Figura 51. Peso perdido (%) del tratamiento 8 (T8).

En la figura 51 se observa el comportamiento ascendente de pérdida de peso del tratamiento 8, la primera hora logro perder 9.0935% mientras que en la segunda hora logro perder el doble del porcentaje perdido en comparación de la primera hora, posteriormente fue incrementando $\pm 6\%$ en las siguientes horas. Sin embargo, a partir de la octava hora logró ir incrementando el 1% ; llegando a obtener un peso constante del 40% ; finalizando con el 40.3856% durante la última hora. Cuando se utilizan soluciones binarias con uno de los solutos de peso molecular alto, este hace a que se genere y lleve más rápidamente la deshidratación osmótica, por lo que, se logra obtener un resultado favorable (Ponting et al. 1966).

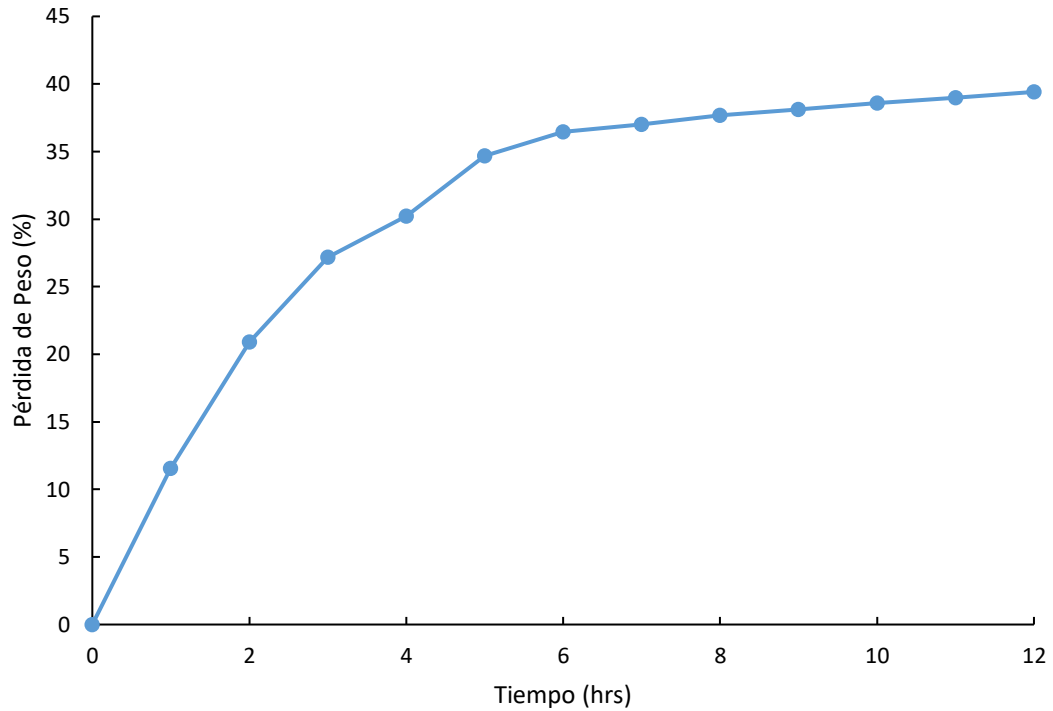


Figura 52. Peso perdido (%) del tratamiento 9 (T9).

En la figura 52 se encuentra el tratamiento 9: puede observarse un comportamiento ascendente durante la primera hora debido a que perdió el 11.5542%; más adelante en la tercera hora logro perder (27%) más del doble del porcentaje perdido en comparación con la primera hora, posteriormente fue incrementando del ± 6 % en las siguientes horas. Sin embargo, a partir de la novena hora fue permaneciendo estable, pero fue incrementando $\pm 0.40\%$ hasta llegar a la doceava hora que logro incrementar 1% obteniendo un resultado final del 39.4120%.

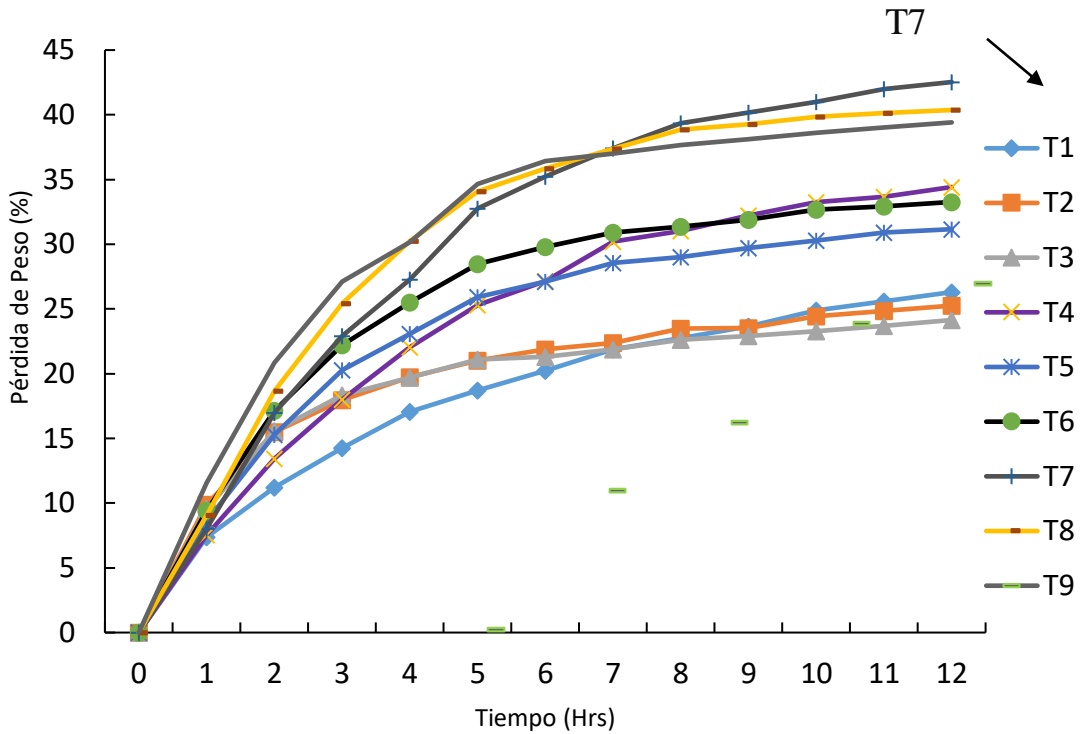


Figura 53. Porcentaje de pérdida de peso del plátano macho (*Musa balbisiana*) en deshidratación osmótica a 60 °C.

En la figura 53 se puede observar que en la temperatura de 60 °C se tiene graficado todos los tratamientos. Sin embargo, con la ayuda de la deshidratación sinérgico y de acuerdo con lo reportado en la literatura a mayor temperatura mejor deshidratación, es decir, mejor pérdida de peso (Labuza, 1984 y Lombarda *et al.*, 2008) el tratamiento 7 obtuvo el 42.5270 % de pérdida de peso. Por lo tanto, este tratamiento pudo lograr perder mayor peso que los demás tratamientos, los cuales solo obtuvieron \pm 39% del peso perdido.

4.4 Secado por flujo laminar

Después que las muestras de plátano macho fueron deshidratadas osmóticamente, se les dio un segundo tratamiento, las muestras de cada tratamiento fueron llevadas a un horno de secado de flujo laminar a una temperatura de 60°C durante 6 horas continuas. Los resultados para cada tratamiento de las diferentes temperaturas se muestran a continuación, los cuales coinciden con lo descrito por Gaspareto *et al*, en 2004, el trabajo consistió en deshidratar osmóticamente banana a diferentes concentraciones de solutos y diferentes gradientes de temperatura, y posteriormente llevar a cabo un segundo tratamiento de secado, introduciendo el material vegetal a un secado de lecho fijo, a una temperatura igual a 60°C por 8 horas, teniendo resultados favorables para la el tratamiento 70°Brix/50°C, perdiendo casi el 50% de su peso inicial, lo que coincide con los resultados obtenidos.

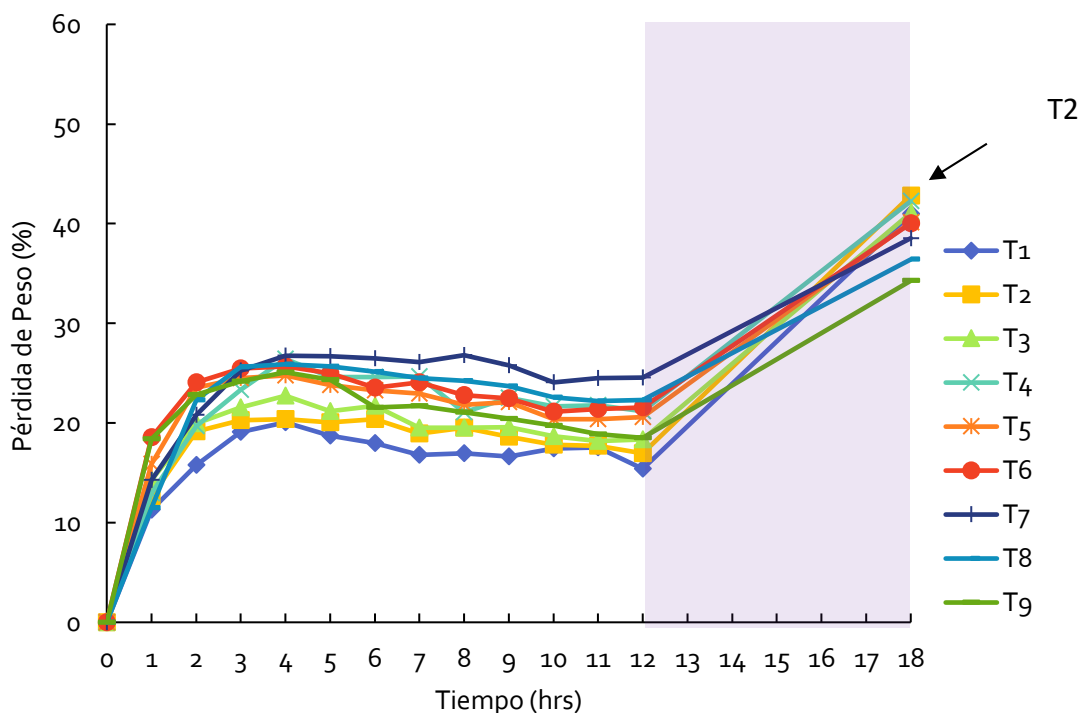


Figura 54. Porcentaje de pérdida de peso del fruto plátano macho (*Musa balbisiana*) en secado por flujo laminar a 60 °C y deshidratación osmótica a 20 ° C.

En la Figura 54 se representa el porcentaje de pérdida de peso de las muestras de plátano macho (*Musa balbisiana*) después del secado por flujo laminar a una

temperatura de 60 ° C, las cuales anteriormente fueron deshidratadas osmóticamente a una temperatura de 20 ° C. Como se puede observar en la figura anterior, el mejor tratamiento para esta temperatura fue el tratamiento 2 con una pérdida de peso del 42.83 %.

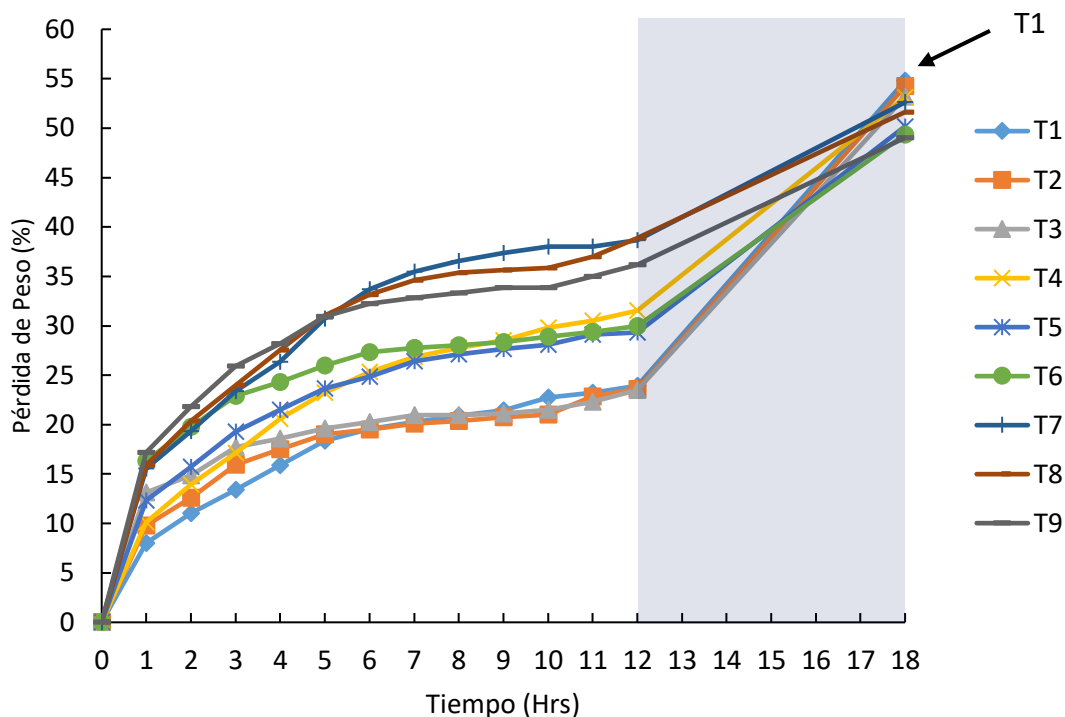


Figura 55. Porcentaje de pérdida de peso en el fruto Plátano Macho (*Musa balbisiana*) en secado por flujo laminar a 60 ° C y deshidratación osmótica a 40 ° C.

En la Figura 55 se muestra la pérdida de peso en porcentaje de las muestras de plátano macho (*Musa balbisiana*) posteriores a un proceso de secado por flujo laminar a una temperatura de 60 ° C, anteriormente las rodajas de plátano fueron deshidratadas osmóticamente a una temperatura de 40 ° C. Como se aprecia en la figura anterior, el mejor tratamiento para esta temperatura fue el tratamiento 1 con una pérdida de peso del 54.77 %.

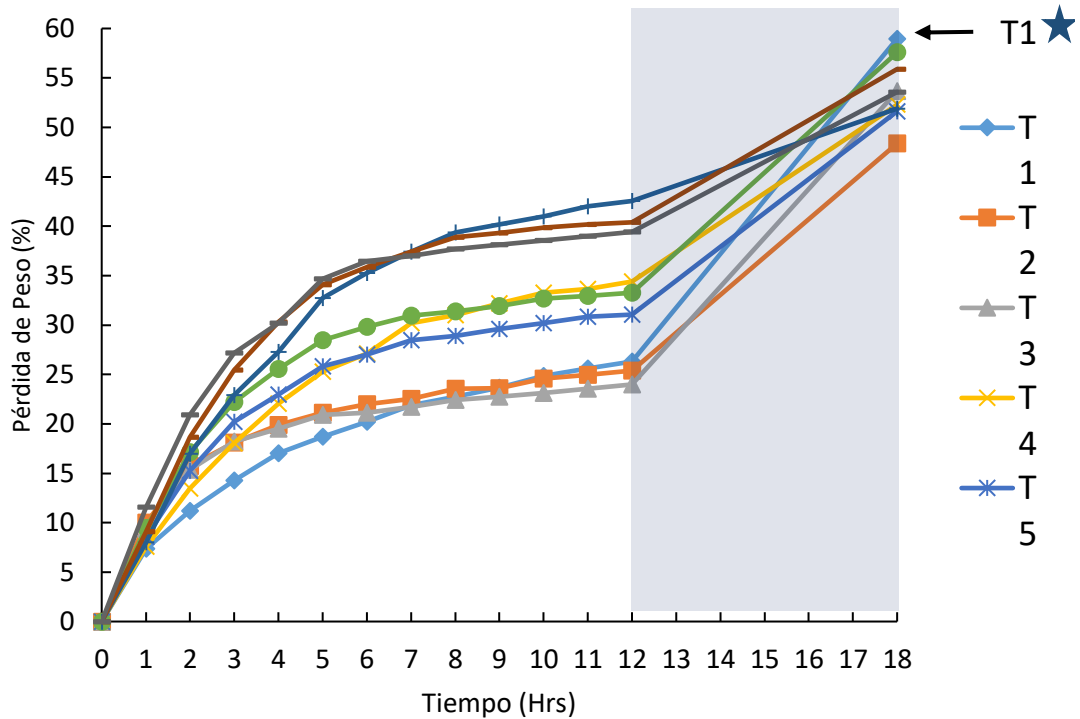


Figura 56. Porcentaje de pérdida de peso en el fruto plátano Macho (*Musa balbisiana*) en secado por flujo laminar a 60 °C y deshidratación osmótica a 60 °C.

En la Figura 56 se muestra el porcentaje de pérdida de peso de las muestras de plátano macho (*Musa balbisiana*) con respecto al tiempo, después del secado por flujo laminar a una temperatura de 60 °C, dichas muestras anteriormente fueron deshidratadas osmóticamente a una temperatura de 60 °C. Como se muestra en la figura, el mejor tratamiento para esta temperatura fue el tratamiento 1 con una pérdida de peso del 58.96 %, el cual fue el mejor resultado de este análisis, ya que este tratamiento fue el que perdió un mayor porcentaje de peso en comparación a los demás tratamientos en las diferentes temperaturas.

4.5 Espesor

En la figura 57 se muestran unas graficas de espesor en donde se muestra el porcentaje perdido con respecto al tratamiento. El tratamiento 5 obtuvo un resultado favorable, debido a una disminución del 17.65 % de espesor después de la deshidratación osmótica y en el secado de flujo laminar el tratamiento 3 obtuvo un resultado del 20.66 % de disminución en el espesor.

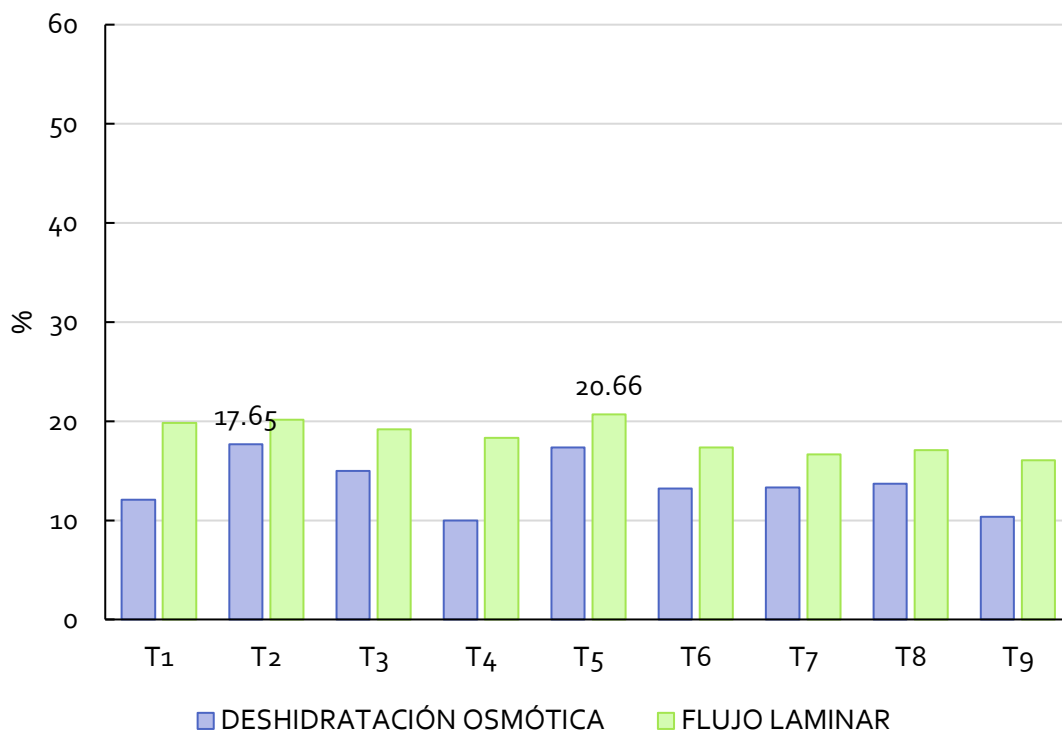


Figura 57. Porcentaje de la disminución en el espesor de rodajas del Plátano Macho (*Musa balbisiana*) a 20 °C.

En la figura 58 se muestra el porcentaje de disminución de espesor con respecto a los tratamientos realizados. Se observa que después de llevar a cabo el proceso de deshidratación osmótica en las rodajas de plátano macho, con el tratamiento 7 se obtuvo un mejor resultado, el cual perdió el 43% de espesor después de la deshidratación osmótica y en el secado de flujo laminar, el cual se llevó a cabo después de la deshidratación, el tratamiento 1 obtuvo un resultado favorable, con una disminución del 51.45% de su espesor.

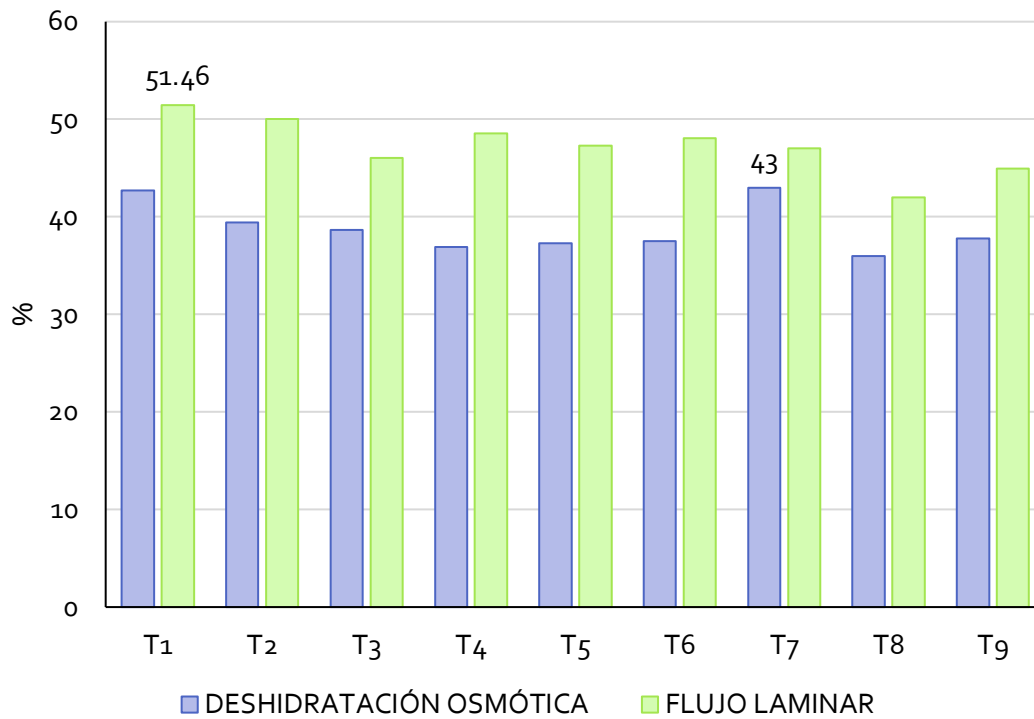


Figura 58. Porcentaje de la disminución en el espesor de rodajas del Plátano Macho (*Musa balbisiana*) a 40 °C.

La figura 59 muestra el comportamiento del porcentaje perdido del espesor de las rodajas de plátano macho que fueron analizadas en los 9 tratamientos planteados para el proceso de deshidratación osmótica y secado de flujo laminar. En el tratamiento 8 se obtuvo resultado favorable, debido que la disminución del espesor fue del 49.51 % después de la deshidratación osmótica y en el secado de flujo laminar el tratamiento que obtuvo una mayor disminución de espesor fue el tratamiento 9, el cual obtuvo un resultado de 54.91 % de disminución en el espesor.

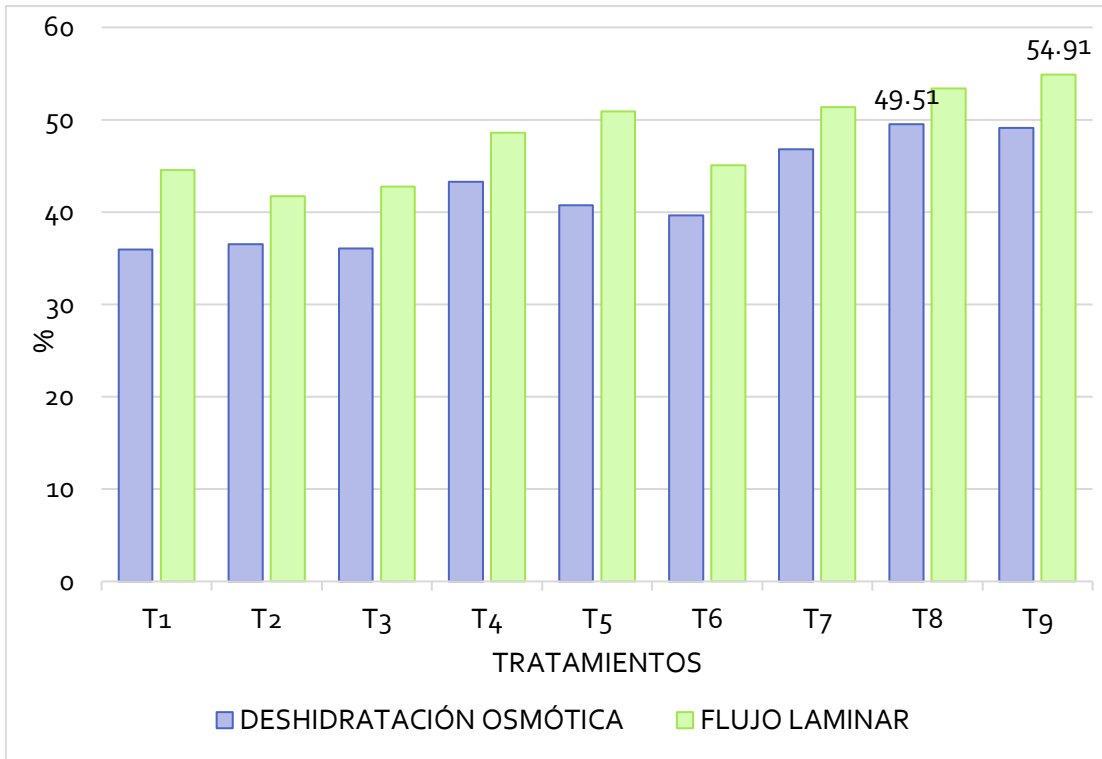


Figura 59. Porcentaje de la disminución en el espesor de rodajas del Plátano Macho (*Musa balbisiana*) a 60 °C.

4.6 Diámetro

En la Figura 60 se muestra el comportamiento de la disminución del diámetro de la muestra de plátano macho analizadas en ambos tratamientos. Como se puede observar en las muestras que se deshidrataron osmóticamente a una temperatura de 20 ° C, el tratamiento que tuvo un porcentaje mayor de la disminución de su diámetro fue el tratamiento 8, con un valor de 11.06 % y el cual también tuvo un mayor porcentaje en la disminución de su diámetro después del secado por flujo laminar, con un valor de 15.67 %.

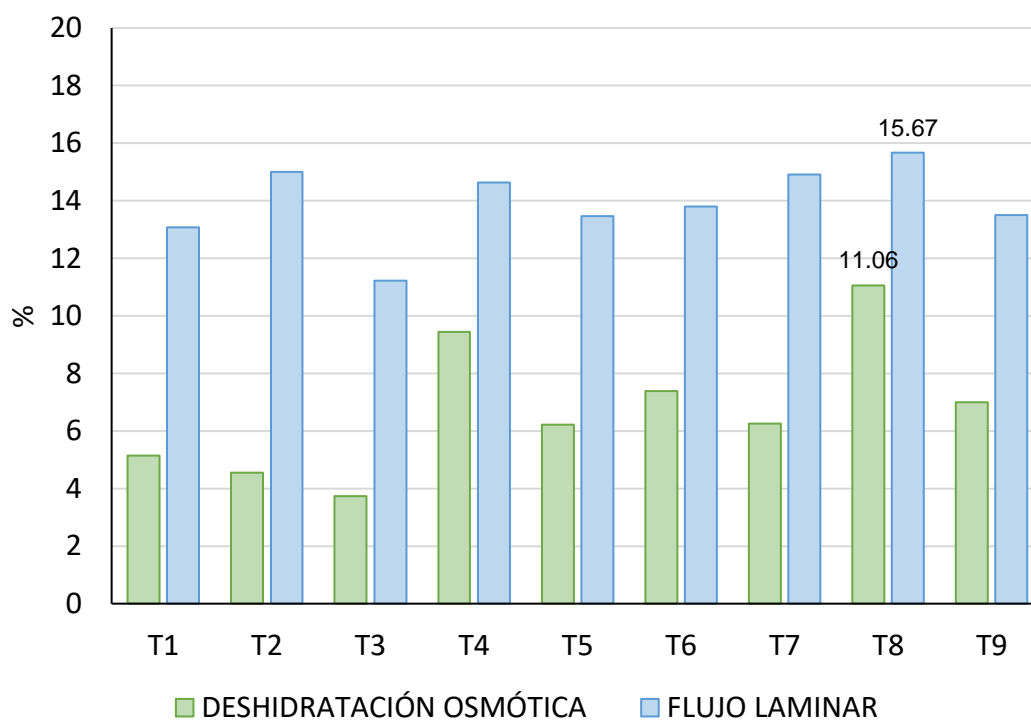


Figura 60. Porcentaje de la disminución en el diámetro de rodajas del Plátano Macho (*Musa balbisiana*) a 20 °C

La Figura 61 muestra los resultados obtenidos de la disminución en porcentaje del diámetro de la muestra de plátano macho analizadas en ambos tratamientos, deshidratación osmótica y secado por flujo laminar. Para las muestras que se deshidrataron osmóticamente a una temperatura de 40 ° C, el tratamiento que tuvo un resultado favorable fue el tratamiento 8, con un valor de 10.20 % y después de llevar a cabo el proceso de secado por flujo laminar, el tratamiento que tuvo un mayor porcentaje en la disminución de su diámetro fue el tratamiento 1, con un valor de 17.75 %.

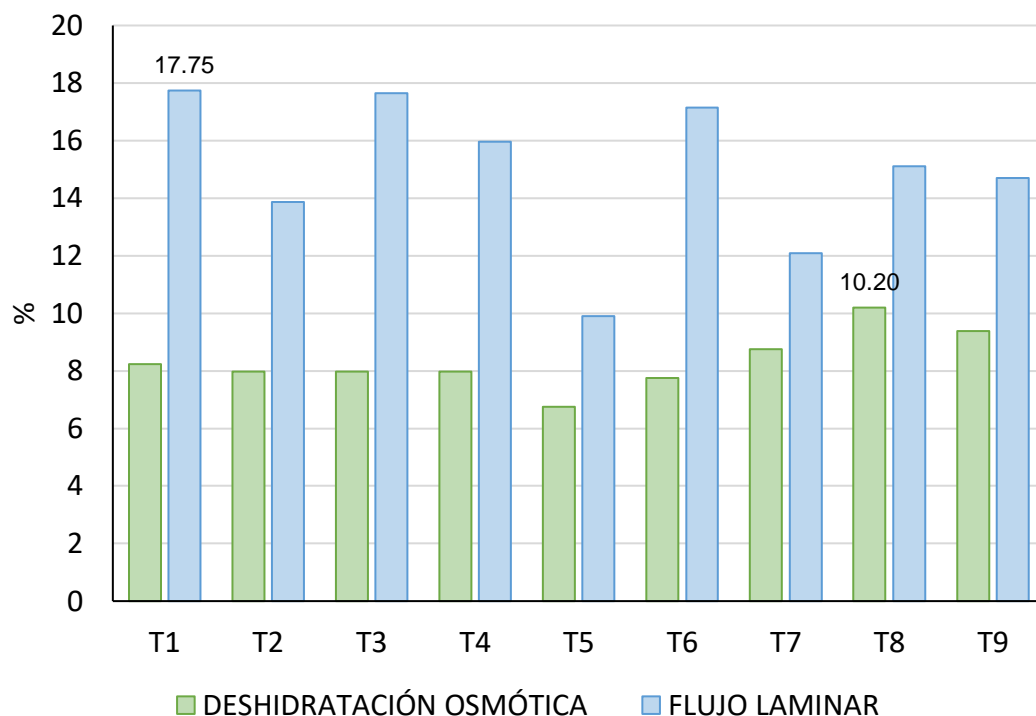


Figura 61. Porcentaje de la disminución en el diámetro de rodajas del Plátano Macho (*Musa balbisiana*) a 40 °C.

Se observa en la Figura 62 el porcentaje de la disminución del diámetro de las muestras de plátano macho analizadas en cada tratamiento para después de llevado a cabo ambos procesos. En el caso de las muestras que se deshidrataron osmóticamente a una temperatura de 20 ° C, se determinó que el tratamiento que tuvo un porcentaje mayor de la disminución de su diámetro fue el tratamiento 9, con un valor de 10.95 % y el cual también tuvo un mayor porcentaje en la disminución de su diámetro después de llevar a cabo el secado por flujo laminar, con un valor de 19.40 %.

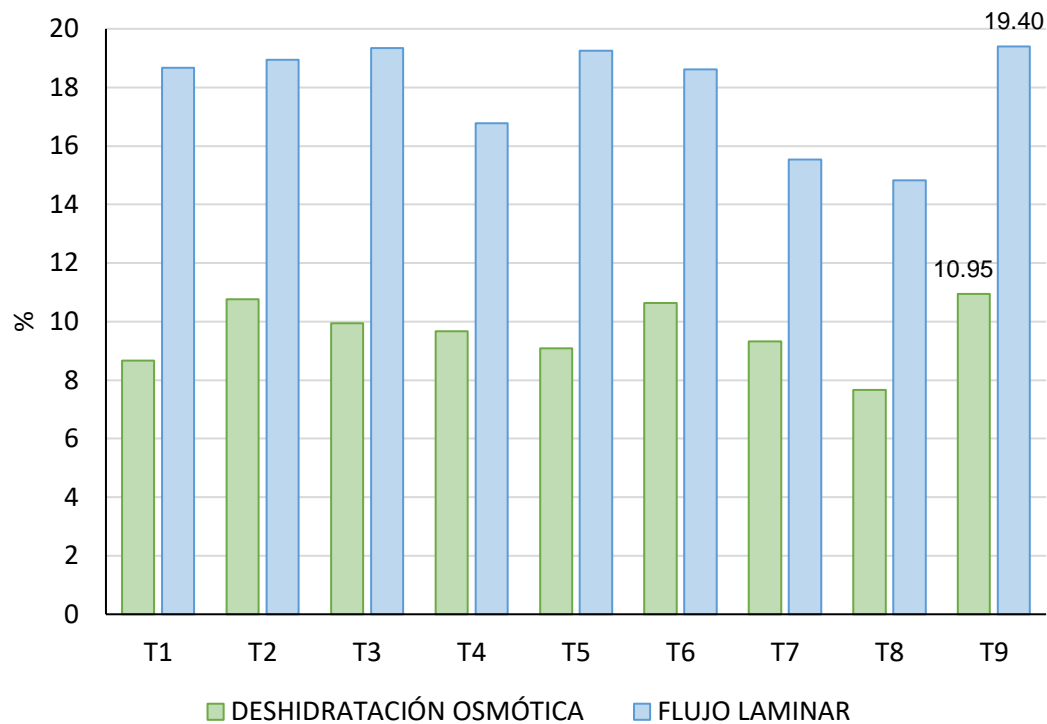


Figura 62. Porcentaje de la disminución en el diámetro de rodajas del Plátano Macho (*Musa balbisiana*) a 60 °C.

4.7 Análisis microbiológicos

A las muestras de plátano macho analizadas con el mejor tratamiento se les realizó un análisis microbiológico, con la finalidad de asegurarse que el producto final que se obtiene en este análisis está libre de microorganismos patógenos, los cuales pueden afectar la salud.

Tabla 6. Análisis de la calidad microbiológica realizado en muestras de plátano macho (*Musa balbisiana*) deshidratado.

MICROORGANISMOS	RESULTADOS
<i>Staphylococcus epidermis</i>	No se aisló
<i>Staphylococcus aureus</i>	No se aisló
<i>Streptococcus hemolítico</i>	No se aisló
<i>Streptococcus no hemolítico</i>	No se aisló
<i>Salmonella</i>	No se aisló
<i>Shigella</i>	No se aisló
COLIFORMES TOTALES:	
<i>Escherichia</i>	No se aisló
<i>Klebsiella</i>	No se aisló
<i>Enterobacter</i>	No se aisló
<i>Citrobacter</i>	No se aisló
COLIFORMES FECALES:	
<i>Escherichia coli</i>	No se aisló
<i>Klebsiella s/p</i>	No se aisló
<i>Enterobacter s/p</i>	No se aisló

Los análisis microbiológicos fueron realizados por el laboratorio clínico DE LA HOZ, el cual está ubicado en el municipio de Martínez de la Torre, Ver. Se analizaron 3 rodajas, las cuales tuvieron un mayor porcentaje de pérdida de peso, y los resultados se muestran en la tabla 11, donde se puede observar que ninguna muestra de plátano analizada tuvo presencia de Enterobacterias y coliformes.

5.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

En el presente trabajo se evaluó un proceso de deshidratación osmótica de soluciones binarias de Sacarosa y NaCl a diferentes temperaturas y concentraciones esto se realizó para poder obtener rebanadas de plátano deshidratado. Así como también para obtener un mejor producto se llevó a cabo un proceso posterior a la deshidratación osmótica en el cual consistió en un proceso de secado por flujo laminar para reducir al mínimo los niveles de agua aun en el interior del producto.

Para poder determinar las condiciones en las que se iba a llevar a cabo este trabajo, se realizaron una serie de búsquedas referenciales donde se tomaron las condiciones más adecuadas para que este trabajo fuera llevado a cabo.

Es por ello, por lo que cuando se utiliza la deshidratación osmótica antes de un secado por flujo laminar, es una buena opción ya que contribuye a impedir el deterioro de la estructura y la pérdida de aromas y sabores que se originan en el producto. También si se utilizan concentraciones de sal mayores al 10% p/p se puede llegar a presentar una salación en el producto final.

En todos los tratamientos a diferentes temperaturas la primera hora casi siempre mostro una pérdida de peso aproximadamente $\pm 15\%$ del peso inicial; mientras que en las de más horas la pérdida de peso fue entre aproximadamente 1 y 4% de su peso previo.

Sin embargo, la mejor temperatura fue a 60°C en el tratamiento 7 ya que tuvo una mayor pérdida de pesaje con un promedio de 42.5305%; por lo tanto, en la temperatura 40°C es un poco aceptable ya que en el tratamiento 7 tuvo una pérdida de pesaje con un promedio de 38.8584%. Finalmente, en la temperatura a 20°C en el tratamiento 7 tuvo una menor perdida de pesaje con un promedio de 24.5594%. En combinación con una deshidratación osmótica a una temperatura igual a 60°C y por

flujo laminar se obtuvieron resultados favorables para el tratamiento 1, teniendo una pérdida de peso de 58.9695 %. Esto fue causado por que las proteínas son neutralizadas y al momento de irse deshidratando el fruto aparece una capa semipermeable el cual hace que salga el agua lento o rápidamente; es por ello que en la Figura 59 tiene las curvas ese comportamiento.

Por lo tanto, se concluye que el resultado exitoso en este análisis fue a una temperatura a 60°C con el tratamiento 7, teniendo una buena apariencia y consistencia del producto final y un sabor agradable al gusto.

5.2 Recomendaciones.

- Realizar un análisis estadístico para tener una idea más clara del comportamiento de cada condición y poder comprobar lo descrito en este trabajo.
- Realizar análisis complementarios a las muestras antes y después de pasar por deshidratación osmótica y secado por flujo laminar, como por ejemplo análisis bromatológicos.
- Evaluar la vida de anaquel del producto terminado, en donde tenga énfasis las condiciones de almacenamiento, temperatura, humedad, así como el efecto de la actividad de agua.

6. REFERENCIAS

- Álvarez, E. 2018.** Centro nacional de tecnología agropecuaria y forestal. Cultivo de plátano (*Musa balbisiana*).
- Álvarez, E. I., 2016.** Deshidratación osmótica y secado con microondas de plátano Macho (*Musa AAB*). IPN, Escuela superior de ingeniería química e industrias extractivas. p. 3-6.
- Alzamora, S. M., Salvatori, D., Tapia, M. S., López-Malo, A., Wwelti-Chanes, J., Fito, P., 2005.** Novel functional foods from vegetable matrices impregnated with biologically active compounds, *Journal of Food Engineering*. 67(1-2): 205-214.
- Askari, G., Emam-Djomeh, Z., Mousavi, S. 2009.** An investigation of the effects of drying methods and conditions on drying characteristics and quality attributes of agricultural products during hot air and hot air/microwave-assisted dehydration. *Drying Technology*. 27: 831-841.
- Askari, G., Emam Djomeh, Z. y Tahmasbi, M. 2009.** An investigation of the effects of drying methods and conditions on texture and color of tomato halves. *Journal of texture studies*. 40: 371-389.
- Baini, R., Langrish, T. A. G. 2009.** Assessment of colour development in dried bananas measurements and implications for modelling. *Journal of Food Engineering*. 93(2): 177-182.
- Baker, C., 1997.** Industrial Drying of Foods (Secado Industrial de Alimentos) Chemical Engineering Department. London Blackie Academic and Professional. p. 5-11.
- Barat, J. M., Chiralt, A., Fito, P. 1998.** Equilibrium in cellular food osmotic solution systems as related to structure. *Journal of Food Science*. 63: 836-840.

- Barat, J. M., Chiralt, A., Fito, P. 2000.** Equilibrium in cellular food osmotic solution systems as related to structure. *Journal of Food Science*. 63: 836-840
- Barbosa-Cánovas, G. V.; Góngora-Nieto, M. M.; & Swanson, B. G. (2000).** Processing fruits and vegetables by pulsed electric field technology. En: *Minimally Processed Fruits and Vegetables. Fundamental Aspects and Applications*. Eds.: Alzamora, S.; Tapia, M. & López-Malo, A. Aspen Publication Inc. Gasithersburg, Estados Unidos. Cap. 13, p.:223- 235.
- Barco, P. L., Burabano, A. C., Medina, M., Mosquera, S. A., Villada, H. S. 2009.** Efecto de recubrimiento natural y cera comercial sobre la maduración del banano (*Musa sapientum*). *Facultas de ciencias agroalimentarias*. 7(2): 71-72.
- Bhatie, B. S., Amin, H. D., 1962.** Part V. *Food Sei*. 11, 85.
- Boubekri, A., Benmoussa, H., Courtois, F., Bonazzi, C., 2010.** Softening of overdried “Deglet nour” dates to obtain high-standard fruits: Impact of rehydration and drying processes on quality criteria. *Drying Technology*. 28: 222-231.
- Boudhrioua, N., Michon, C., Cuvelier, G., Bonazzi, C. 2002.** Influence of ripeness and air temperature on changes in banana texture during drying. *Journal of Food Engineering*. 55(2): 115-121.
- Ceballos Ortiz E.M. y Jiménez Munguía M. T. 2012.** Cambios en las propiedades de frutas y verduras durante la deshidratación con aire caliente y su susceptibilidad al deterioro microbiano.
- Conway, W.S. and Sams, C.E (1983).** Possible mechanisms by which postharvest calcium treatment reduces decay in apples, *Phytopathology*. 74, 208-210.
- Corzo, O., Centeno, A. 2003.** Superficies de respuesta de la transferencia de masa durante la deshidratación osmótica del melón (*Cucumis melo*, Variedad Edisto). *Revista de la Facultad de Farmacia*, v. 45, n. 1. p. 54-60.

- COVECA, 2010.** Comisión Veracruzana de comercialización agropecuaria. Monografía del plátano. Veracruz Gobierno del Estado, México.
- Della Rocca Patricia 2010.** Secado de alimentos por métodos combinados: Deshidratación Osmótica y secado por microondas y aire caliente.
- Denham, T. P., Haberle, S. G., Lentfer, C., Fullagar, R. J., Field, J., Therin, M., Porch, N., Winsborough, B. 2003.** Origins of agriculture at Kuk Swamp in the highlands of New Guinea. *Science*. 301: 189-193.
- Falade, K. O., Igbeka, J. C. 2007.** Osmotic dehydration of tropical fruits and vegetables. *Food Reviews International*. 23(4): 373-405.
- Ferrando M., Spiess W. E. L, 2001.** Cellular response of plant tissue during the osmotic treatment with sucrose, maltose and trehalose solutions. *Journal of Food Engineering.*, 49:115-127.
- García, S., Brumovsky, L., Fretes, R., Schmalko, M. 2010.** Influence of drying temperature on the physical and microbiological parameters and the quality of dries green onion. *Drying Technology*. 28: 1435-1444.
- Gaspareto. O., Oliveira, E., Magalhaes. R. 2004.** Influencia del tratamiento osmótico en el secado de la banana "Nanica" (*Musa cavendishii*, L.) en secado de lecho fijo. *Información tecnológica*, v. 15, n. 6, p. 9-15.
- Gekas, V., 2001.** Mass transfer modelling. *Journal of Food Engineering*. 49(2-3): 97-102.
- Giraldo, G., et al. 2003.** Influence of sucrose solution concentration on kinetics and yield during osmotic dehydration of mango. *Journal of Food Engineering*, v. 58, n. 1, p. 33-43.
- Glass, P. 1997.** Manual para Educación Agropecuaria: Elaboración de frutas y hortalizas, Trillas, Venezuela.

- Iciek, J., Krysiak, W. 2009.** Effect of air parameters on the quality of dried potato cubes. *Drying Technology*. 27:1316-1324.
- Karmas, E., Harris, R. 1988.** Nutritional evaluation of food processing. The AVI Publishing Company, Inc. Nueva York, Estados Unidos. 786.
- Kaymak, F., Sultanoglu, M. 2000.** Modelling of mass transfer during osmotic dehydration of apples. *Journal of Food Engineering*. 46: 243-250.
- Labuza T. 1984.** Moisture Sorption: Practical Aspects of Isotherm Measurement and Use, American Association of Cereal Chemists, Minesota – USA.
- Lenart, A. & Flink, J. M. (1984).** Osmotic concentration of potato II, special distribution of the osmotic effect. *Journal of Food Technology*. 19: 65-89.
- Lenart, A., Flink, J. 1989.** Osmotic concentration of potato. Part 2: spatial distribution of the osmotic effect. *Journal of Food Technology*. Vol. 19; p. 65- 89.
- Lazarides, H.N., 1994.** Osmotic preconcentration: developments and prospects. In: *Minimal Processing of Foods and Process Optimisation. An Interface*. CRC Press, Boca Raton, FJ. p. 73-85.
- Lazarides, H.N., 2001** Reasons and possibilities to control solids uptake during osmotic treatment of fruits and vegetables, p. 33-42. En: FITO, Pedro et al., ed. *Osmotic dehydration and vacuum impregnation: applications in food industries*. USA: Technomic Publishing, 2001. 288 p.
- Lewicki, P.P., Pawlak, G. 2003.** Effect of drying on microstructure of plant tissue. *Drying Technology*. 21: 657-683.
- Lewicki, P.P., Pawlak, P. 2005.** Effect of osmotic dewatering on apple tissue structure. *Journal of Food Engineering*. 66, 43-50.

- Ling, H., Birch, J., Lim, M. 2005.** The glass transition approach to determination of drying protocols for colour stability in dehydrated pear slices. *International Journal of Food Sciences and Technology*. 40: 921-927.
- Lombarda, G. E., Oliveira, J. C., Fitob, P., Andrés, A. 2008.** Osmotic dehydration of pineapple as a pre-treatment for further drying. *Journal Food Engineering*. 85: 277-284.
- Maltini, E., Torreggiani, D., Venir, E., Bertolo, G. 2003.** Water activity and the preservation of plant foods. *Food Chemistry*. 82: 79-86.
- Marcotte, M., Le-Maguer, M., Toupin, C. J. 1991.** Mass transfer in cellular tissue. Part I. The mathematical model. *Journal of Food Engineering*. 13: 199- 220.
- Maskan, M. 2000.** Microwave/air and microwave finish drying of banana. *Journal of Food Engineering*. 44(2): 71-78.
- Maestrelli, A. 1997.** Fundamentos de la deshidratación osmótica de frutas. En: curso taller deshidratación osmótica directa de vegetales. (Santafé de Bogotá: 1997). *Memorias del Curso Taller "Deshidratación Osmótica Directa de Vegetales*. Santafé de Bogotá: Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos., 37p.
- Meiners, A., Kreiten, K., Joike, H. 1984.** El nuevo manual para la industria de confitería. Silesia-Essenzenfabrik Gerhard Hanke KG, Abt. Fachbücherei. Alemania Occidental.
- Monsalve-Gonzales, A., Barbosa-Canovas, G. V., Calvelieri, R. P. 1993.** Mass transfer and textural changes during processing of apples by combined methods. *Journal of Food Science*. 58: 1118-1124.
- Morton, J. 1987.** Fruits of warm climates. Julia F. Morton Publ., Miami, FL. p. 29-46.
- Mújica-Paz, H., Valdez, A., López, A., Palou, E., Welti-Chanes, J. 2003.** a. Impregnation of some fruits at vacuum pressure. *Journal of Food Engineering* 56,

307-314. b. Impregnation and osmotic dehydration of some fruits: effect of the vacuum pressure and syrup concentration. *Journal of Food Engineering* 57, 305-314

Panadés, G., Fito, P., Aguilar, Y., Núñez, M., Acosta, V. 2006. Osmotic dehydration of guava: Influence of operating parameters on process kinetics. *Journal Food Engineering*. 72: 383-389.

Peiro, M. R., Camacho M. M., Martínez, N. 2007. Compositional and Physicochemical changes associated to successive osmodehydration cycles of pineapple (*Ananas cosmosus*). *Journal of Food Engineering*.79: 842.849.

Ponting, J. D., Watteys, G. G., Forrey, R. R., Jackson, R., Stanley, W. L. (1966). Osmotic dehydration of fruits. *Journal of Food Technology*. 20, 125-128.

Rastogi, N. K., Raghavarao, K. S. M. S.1997. Water and solute diffusion coefficients of carrot as a function of temperature and concentration. *Journal of Food Engineering*. 34(2): 429-440.

Rastogi N.K. y K.S.M.S. Raghavarao. *Mass Transfer during osmotic dehydration of pineapple: Considering Fickian diffusion in cubical configuration*, *Lebensm.-Wissu. Tech*: 37, 43-47 (2004). 0

Reyes De, C.; Guzmán, R.; Camargo, C. 1974. Deshidratación de banano y cambio químicos ocurridos durante el proceso. *Revista Colombiana de Química*, [S.I.], v. 4, n. 1, p. 29-39.

Robinson, J. C., Galán, S. 2010. Bananas and Plantains. CAB International, University Press, Cambridge, UK.

Rodríguez, M. I. 1998. Estudio de la penetración de microorganismos en frutas mediante el modelo hidrodin (amico, Tesis, Instituto de Ciencias y Tecnología de Alimentos, Universidad Central de Venezuela).

- Ruiz López, I., Huerta Mora, I., Vivar Vera, M., Martínez Sánchez, C. y Herman Lara, E. 2010.** Effect of osmotic dehydration air-drying characteristics of chayote. *Drying technology*. 28: 1201-1212.
- Sierra R. A., 2010.** Estudio de la deshidratación osmótica de la arveja china (*Pisum sativum L.*) mediante dos metodologías, directa e indirecta, como alternativa tecnológica al sector hortofrutícola del país. Facultad de ingeniería de la universidad de San Carlos de Guatemala. p. 5-22.
- SIAP, 2016.** Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Estadísticas de plátano en México 2007-2016. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural y Pesca (SAGARPA). México.
- SIAP, 2017.** Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Márgenes de Comercialización de Frutas y Hortalizas. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural y Pesca (SAGARPA). México.
- Torreggiani, D. 1993.** Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing. *Food Research International*. 26(1): 59-68.
- Vázquez – Castrejón, R., Romero-Cadena, A., Figueroa-Viera, J. 2005.** Paquetes tecnológicos para cultivos agrícolas en el estado de Colima. Número 001.
- Vega, A. Palacios, M., Boglio, F., Pássaro, C. Jeréz, C., Lemus-Mondaca R. 2007.** Deshidratación osmótica de la papaya chilena (*Vasconcella Pubescens*) e influencia de la temperatura y concentración de la solución sobre la cinética de transferencia.
- Zapata, J.; Carvajal, L.; Ospina, N. 2002.** Efectos de la concentración de solutos y la relación jarabe/fruta sobre la cinética de deshidratación osmótica de papaya en láminas. *Interciencia*, v. 27, n. 5, p. 1-14.

7. ANEXOS

Tabla de datos del porcentaje de peso perdido de cada tratamiento a temperatura de 20°C.

Tabla 1. Porcentajes de pérdida de peso para el tratamiento 1 (por triplicado y el promedio) a diferentes tiempos de inmersión, T=20°C.

TRATAMIENTO 1				
T (HR)	Peso perdido (%)			
	T1	T1'	T1''	PROMEDIO
0	0	0	0	0
1	12.2743682	11.3744076	10.2484472	11.2990743
2	16.967509	17.0616114	13.3540373	15.7943859
3	18.4115523	18.0094787	20.8074534	19.0761615
4	19.8555957	20.3791469	19.8757764	20.0368397
5	19.8555957	17.0616114	19.2546584	18.7239551
6	19.133574	16.1137441	18.6335404	17.9602862
7	18.4115523	13.2701422	18.6335404	16.771745
8	18.4115523	14.6919431	17.7018634	16.9351196
9	17.3285199	14.2180095	18.3229814	16.6231702
10	20.9386282	13.7440758	17.7018634	17.4615224
11	20.9386282	13.7440758	18.0124224	17.5650421
12	15.8844765	13.2701422	17.0807453	15.411788

Tabla 2. Porcentajes de pérdida de peso para el tratamiento 2 (por triplicado y el promedio) a diferentes tiempos de inmersión, T=20°C.

TRATAMIENTO 2				
T (HR)	Peso perdido (%)			
	T2	T2'	T2''	PROMEDIO
0	0	0	0	0
1	12.0879121	12.9032258	12.9411765	12.6441048
2	18.956044	19.3548387	19.1176471	19.1428432
3	20.6043956	19.6774194	20.5882353	20.2900168
4	21.1538462	19.3548387	20.5882353	20.3656401
5	21.1538462	19.3548387	19.7058824	20.0715224
6	21.1538462	20	20	20.3846154
7	19.2307692	18.3870968	19.1176471	18.9118377
8	18.4065934	18.3870968	21.7647059	19.5194654
9	19.2307692	18.3870968	18.2352941	18.61772

10	17.8571429	17.4193548	18.2352941	17.8372639
11	17.5824176	16.7741935	18.8235294	17.7267135
12	17.3076923	16.7741935	16.7647059	16.9488639

Tabla 3. Porcentajes de pérdida de peso para el tratamiento 3 (por triplicado y el promedio) a diferentes tiempos de inmersión, T=20°C.

TRATAMIENTO 3				
T (HR)	Peso perdido (%)			
	T3	T3'	T3''	PROMEDIO
0	0	0	0	0
1	14.3236074	14.7286822	13.7681159	14.2734685
2	19.8938992	20.1550388	19.8067633	19.9519004
3	21.2201592	21.7054264	21.7391304	21.5549053
4	21.4854111	23.7726098	22.9468599	22.7349603
5	20.6896552	20.6718346	22.2222222	21.1945707
6	20.9549072	21.1886305	22.9468599	21.6967992
7	19.0981432	19.121447	20.2898551	19.5031484
8	18.8328912	19.8966408	19.8067633	19.5120985
9	18.8328912	18.6046512	21.2560386	19.564527
10	18.8328912	18.6046512	18.5990338	18.6788587
11	18.8328912	17.8294574	17.8743961	18.1789149
12	18.8328912	18.6046512	17.6328502	18.3567976

Tabla 4. Porcentajes de pérdida de peso para el tratamiento 4 (por triplicado y el promedio) a diferentes tiempos de inmersión, T=20°C.

TRATAMIENTO 4				
T (HR)	Peso perdido (%)			
	T4	T4'	T4''	PROMEDIO
0	0	0	0	0
1	12.0481928	12.6262626	14.1230068	12.9324874
2	18.7951807	18.6868687	21.6400911	19.7073802
3	22.6506024	22.7272727	24.6013667	23.326414
4	23.8554217	23.4848485	31.8906606	26.4103103
5	24.0963855	23.7373737	25.9681093	24.6006229
6	24.0963855	23.7373737	25.9681093	24.6006229
7	23.1325301	26.010101	24.8291572	24.6572628
8	25.060241	14.6464646	23.4624146	21.0563734
9	22.4096386	21.4646465	23.690205	22.5214967
10	21.9277108	21.7171717	21.4123007	21.6857277
11	21.4457831	22.2222222	21.6400911	21.7693655

12	20.4819277	21.2121212	21.8678815	21.1873102
----	------------	------------	------------	------------

Tabla 5. Porcentajes de pérdida de peso para el tratamiento 5 (por triplicado y el promedio) a diferentes tiempos de inmersión, T=20°C.

TRATAMIENTO 5				
T (HR)	Peso perdido (%)			
	T5	T5'	T5''	PROMEDIO
0	0	0	0	0
1	14.3198091	15.470852	17.8947368	15.8951326
2	21.2410501	21.9730942	27.3684211	23.5275218
3	23.8663484	24.8878924	24.7368421	24.4970276
4	25.5369928	25.1121076	23.6842105	24.7777703
5	23.3890215	25.1121076	22.8947368	23.798622
6	23.3890215	24.8878924	21.5789474	23.2852871
7	22.673031	25.1121076	21.0526316	22.9459234
8	21.7183771	23.5426009	20.2631579	21.8413786
9	21.7183771	24.8878924	19.7368421	22.1143705
10	21.2410501	21.5246637	18.4210526	20.3955888
11	20.7637232	21.7488789	18.6842105	20.3989375
12	20.5250597	21.7488789	19.4736842	20.5825409

Tabla 6. Porcentajes de pérdida de peso para el tratamiento 6 (por triplicado y el promedio) a diferentes tiempos de inmersión, T=20°C.

TRATAMIENTO 6				
T (HR)	Peso perdido (%)			
	T6	T6'	T6''	PROMEDIO
0	0	0	0	0
1	19.01566	17.5	19.1142191	18.543293
2	23.9373602	24.3181818	24.009324	24.0882887
3	25.7270694	24.7727273	25.8741259	25.4579742
4	25.7270694	25	26.3403263	25.6891319
5	24.6085011	25.2272727	25.1748252	25.003533
6	23.9373602	23.1818182	23.5431235	23.5541006
7	23.9373602	31.1363636	23.3100233	26.1279157
8	22.8187919	22.7272727	22.8438228	22.7966292
9	22.8187919	22.0454545	22.6107226	22.4916564
10	21.0290828	21.5909091	20.7459207	21.1219709
11	21.9239374	21.5909091	20.7459207	21.4202557
12	21.9239374	21.8181818	20.979021	21.5737134

Tabla 7. Porcentajes de pérdida de peso para el tratamiento 7 (por triplicado y el promedio) a diferentes tiempos de inmersión, T=20°C.

TRATAMIENTO 7				
T (HR)	Peso perdido (%)			
	T7	T7'	T7''	PROMEDIO
0	0	0	0	0
1	14.4032922	14.3478261	14.0388769	14.2633317
2	21.399177	20.4347826	20.5183585	20.784106
3	25.1028807	25.6521739	25.0539957	25.2696834
4	26.9547325	27.173913	26.1339093	26.7541849
5	27.1604938	27.826087	36.0691145	30.3518984
6	26.3374486	26.0869565	26.9978402	26.4740818
7	25.7201646	26.5217391	26.1339093	26.125271
8	25.308642	28.0434783	26.9978402	26.7833201
9	25.5144033	26.3043478	25.4859611	25.7682374
10	24.0740741	24.5652174	23.5421166	24.0604694
11	24.4855967	25.4347826	23.5421166	24.4874986
12	24.4855967	25.4347826	23.7580994	24.5594929

Tabla 8. Porcentajes de pérdida de peso para el tratamiento 8 (por triplicado y el promedio) a diferentes tiempos de inmersión, T=20°C.

TRATAMIENTO 8				
T (HR)	Peso perdido (%)			
	T8	T8'	T8''	PROMEDIO
0	0	0	0	0
1	15.0515464	15.0905433	4.28571429	11.4759346
2	22.0618557	21.9315895	22.8571429	22.2835294
3	26.185567	25.9557344	24.6938776	25.6117263
4	26.3917526	26.5593561	24.6938776	25.8816621
5	26.3917526	26.5593561	24.0816327	25.6775805
6	26.8041237	25.1509054	23.4693878	25.1414723
7	25.9793814	24.5472837	23.0612245	24.5292965
8	24.742268	24.9496982	23.0612245	24.2510636
9	24.3298969	24.7484909	22.0408163	23.7064014
10	23.0927835	23.5412475	21.0204082	22.5514797
11	23.5051546	21.9315895	21.2244898	22.2204113
12	23.9175258	21.7303823	21.2244898	22.2907993

Tabla 9. Porcentajes de pérdida de peso para el tratamiento 9 (por triplicado y el promedio) a diferentes tiempos de inmersión, T=20°C.

TRATAMIENTO 9				
T (HR)	Peso perdido (%)			
	T9	T9'	T9''	PROMEDIO
0	0	0	0	0
1	17.7083333	19.6930946	17.8294574	18.4102951
2	23.1770833	23.5294118	21.8992248	22.8685733
3	23.1770833	23.5294118	25.7751938	24.160563
4	23.6979167	21.9948849	29.6511628	25.1146548
5	22.1354167	25.3196931	25.5813953	24.3455017
6	20.3125	18.6700767	25.7751938	21.5859235
7	20.8333333	20.4603581	23.8372093	21.7103002
8	20.5729167	19.1815857	23.4496124	21.0680382
9	19.0104167	19.1815857	23.0620155	20.4180059
10	19.2708333	17.6470588	22.2868217	19.7349046
11	17.4479167	17.1355499	22.0930233	18.8921633
12	17.4479167	17.3913043	20.7364341	18.5252184

Tabla de datos del porcentaje de peso perdido de cada tratamiento a temperatura de 40°C.

Tabla 10. Porcentajes de pérdida de peso para el tratamiento 1 (por triplicado y el promedio) a diferentes tiempos de inmersión, T=40°C.

TRATAMIENTO 1				
T (HR)	Peso perdido (%)			
	T1	T1'	T1''	PROMEDIO
0	0	0	0	0
1	7.34966592	9.18367347	7.49506903	8.009469476
2	10.6904232	11.0204082	11.4398422	11.05022451
3	13.1403118	13.4693878	13.6094675	13.406389
4	16.2583519	15.7142857	15.7790927	15.91724344
5	19.376392	17.755102	17.9487179	18.36007066
6	20.2672606	20	18.3431953	19.53681862
7	20.4899777	20.8163265	19.5266272	20.27764383
8	20.935412	21.6326531	20.1183432	20.89546943
9	21.6035635	22.0408163	20.7100592	21.45147966
10	22.4944321	22.244898	23.4714004	22.73691014
11	23.6080178	22.6530612	23.4714004	23.24415981
12	23.6080178	23.6734694	24.4575937	23.91302696

Tabla 11. Porcentajes de pérdida de peso para el tratamiento 2 (por triplicado y el promedio) a diferentes tiempos de inmersión, T=40°C.

TRATAMIENTO 2				
T (HR)	Peso perdido (%)			
	T2	T2'	T2''	PROMEDIO
0	0	0	0	0
1	10.0642398	9.57230143	9.73630832	9.79094986
2	13.0620985	12.6272912	12.1703854	12.619925
3	16.4882227	15.2749491	16.0243408	15.9291709
4	17.7730193	16.700611	18.0527383	17.5087895
5	19.0578158	18.1262729	19.8782961	19.020795
6	19.0578158	18.9409369	20.4868154	19.4951894
7	19.9143469	19.5519348	20.8924949	20.1195922
8	20.1284797	19.9592668	21.0953347	20.3943604
9	20.3426124	20.5702648	21.2981744	20.7370172
10	20.3426124	20.9775967	21.703854	21.008021
11	21.1991435	25.6619145	21.703854	22.8549706
12	22.0556745	25.6619145	23.1237323	23.6137737

Tabla 12. Porcentajes de pérdida de peso para el tratamiento 3 (por triplicado y el promedio) a diferentes tiempos de inmersión, T=40°C.

TRATAMIENTO 3				
T (HR)	Peso perdido (%)			
	T3	T3'	T3''	PROMEDIO
0	0	0	0	0
1	12.962963	12.9554656	13.5238095	13.1474127
2	14.6090535	14.9797571	15.047619	14.8788099
3	17.2839506	17.4089069	18.4761905	17.723016
4	18.3127572	18.2186235	19.2380952	18.5898253
5	19.1358025	19.4331984	20.1904762	19.5864923
6	19.9588477	19.8380567	20.952381	20.2497618
7	20.781893	20.8502024	21.3333333	20.9884763
8	20.781893	20.8502024	21.3333333	20.9884763
9	20.781893	21.0526316	21.5238095	21.1194447
10	20.9876543	21.659919	21.9047619	21.5174451
11	21.6049383	21.659919	23.6190476	22.294635
12	21.6049383	25.3036437	23.6190476	23.5092099

Tabla 13. Porcentajes de pérdida de peso para el tratamiento 4 (por triplicado y el promedio) a diferentes tiempos de inmersión, T=40°C.

TRATAMIENTO 4				
T (HR)	Peso perdido (%)			
	T4	T4'	T4''	PROMEDIO
0	0	0	0	0
1	9.014675052	10.83333333	10.430839	10.09294913
2	11.94968553	15.83333333	14.05895692	13.94732526
3	15.93291405	17.70833333	17.68707483	17.10944074
4	19.28721174	22.29166667	20.1814059	20.58676143
5	23.48008386	23.33333333	22.90249433	23.23863717
6	24.9475891	26.04166667	24.94331066	25.31085547
7	26.20545073	27.5	26.75736961	26.82094012
8	27.25366876	28.54166667	27.43764172	27.74432572
9	28.30188679	29.375	27.89115646	28.52268109
10	29.35010482	31.25	28.79818594	29.79943025
11	29.76939203	31.875	29.93197279	30.52545494
12	31.02725367	32.70833333	30.83900227	31.52486309

Tabla 14. Porcentajes de pérdida de peso para el tratamiento 5 (por triplicado y el promedio) a diferentes tiempos de inmersión, T=40°C.

TRATAMIENTO 5				
T (HR)	Peso perdido (%)			
	T5	T5'	T5''	PROMEDIO
0	0	0	0	0
1	12.8440367	12.3943662	11.81818182	12.3521949
2	15.59633028	16.05633803	15.45454545	15.70240459
3	19.03669725	20	18.86363636	19.3001112
4	21.55963303	21.4084507	21.59090909	21.51966427
5	23.39449541	23.94366197	23.63636364	23.65817367
6	23.39449541	24.78873239	26.36363636	24.84895472
7	26.83486239	25.35211268	27.04545455	26.41080987
8	27.29357798	25.63380282	28.40909091	27.11215724
9	27.75229358	25.63380282	29.54545455	27.64385031
10	28.44036697	26.1971831	29.54545455	28.06100154
11	29.58715596	28.16901408	29.54545455	29.10054153
12	29.81651376	28.45070423	29.77272727	29.34664842

Tabla 15. Porcentajes de pérdida de peso para el tratamiento 6 (por triplicado y el promedio) a diferentes tiempos de inmersión, T=40°C.

TRATAMIENTO 6				
T (HR)	Peso perdido (%)			
	T6	T6'	T6''	PROMEDIO
0	0	0	0	0
1	15.36643026	15.82278481	17.76155718	16.31692408
2	18.91252955	18.56540084	21.89781022	19.79191354
3	21.9858156	21.94092827	24.81751825	22.91475404
4	23.40425532	22.78481013	26.76399027	24.31768524
5	25.05910165	25.10548523	27.73722628	25.96727105
6	27.18676123	26.37130802	28.46715328	27.34174084
7	27.65957447	27.21518987	28.46715328	27.78063921
8	27.89598109	27.21518987	28.95377129	28.02164742
9	28.36879433	27.21518987	29.44038929	28.34145783
10	28.84160757	27.42616034	30.4136253	28.89379774
11	28.84160757	28.90295359	30.4136253	29.38606215
12	29.3144208	28.90295359	31.63017032	29.94918157

Tabla 16. Porcentajes de pérdida de peso para el tratamiento 7 (por triplicado y el promedio) a diferentes tiempos de inmersión, T=40°C.

TRATAMIENTO 7				
T (HR)	Peso perdido (%)			
	T7	T7'	T7''	PROMEDIO
0	0	0	0	0
1	14.57489879	16.50717703	15.6097561	15.56394397
2	18.62348178	20.57416268	18.7804878	19.32604409
3	22.67206478	24.40191388	23.17073171	23.41490345
4	25.91093117	25.83732057	27.31707317	26.35510831
5	29.55465587	30.86124402	31.70731707	30.70773899
6	32.79352227	36.12440191	32.19512195	33.70434871
7	35.02024291	36.84210526	34.63414634	35.49883151
8	36.03238866	37.79904306	35.85365854	36.56169675
9	37.44939271	38.03827751	36.58536585	37.35767869
10	38.46153846	38.51674641	37.07317073	38.01715187
11	38.46153846	38.51674641	37.07317073	38.01715187
12	38.46153846	38.99521531	38.53658537	38.66444638

Tabla 17. Porcentajes de pérdida de peso para el tratamiento 8 (por triplicado y el promedio) a diferentes tiempos de inmersión, T=40°C.

TRATAMIENTO 8				
T (HR)	Peso perdido (%)			
	T8	T8'	T8''	PROMEDIO
0	0	0	0	0
1	15.8699809	15.6555773	16.1087866	15.8781149
2	20.0764818	19.9608611	21.1297071	20.3890167
3	23.5181644	22.7005871	25.7322176	23.9836564
4	28.1070746	25.6360078	28.8702929	27.5377918
5	31.9311663	30.5283757	30.7531381	31.0708934
6	33.0783939	33.072407	33.2635983	33.1381331
7	34.0344168	35.0293542	34.7280335	34.5972682
8	34.9904398	35.6164384	35.5648536	35.3905772
9	35.3728489	35.8121331	35.7740586	35.6530135
10	35.9464627	36.2035225	35.3556485	35.8352113
11	37.0936902	36.5949119	37.2384937	36.9756986
12	40.5353728	37.964775	38.0753138	38.8584872

Tabla 18. Porcentajes de pérdida de peso para el tratamiento 9 (por triplicado y el promedio) a diferentes tiempos de inmersión, T=40°C.

TRATAMIENTO 9				
T (HR)	Peso perdido (%)			
	T9	T9'	T9''	PROMEDIO
0	0	0	0	0
1	17.21854305	16.0164271	18.35294118	17.19597044
2	21.41280353	20.32854209	23.76470588	21.8353505
3	25.38631347	25.0513347	27.29411765	25.91058861
4	27.37306843	26.89938398	30.35294118	28.20846453
5	29.58057395	30.80082136	32.47058824	30.95066118
6	31.34657837	32.64887064	32.70588235	32.23377712
7	31.78807947	33.05954825	33.64705882	32.83156218
8	32.67108168	33.67556468	33.64705882	33.33123506
9	33.33333333	34.29158111	33.88235294	33.83575579
10	33.33333333	34.29158111	33.88235294	33.83575579
11	34.8785872	35.72895277	34.35294118	34.98682705
12	37.30684327	35.93429158	35.29411765	36.1784175

Tabla de datos del porcentaje de peso perdido de cada tratamiento a temperatura de 60°C.

Tabla 19. Porcentajes de pérdida de peso para el tratamiento 1 (por triplicado y el promedio) a diferentes tiempos de inmersión, T=60°C.

TRATAMIENTO 1				
	Peso perdido (%)			
T (HR)	T1	T1'	T1''	PROMEDIO
0	0	0	0	0
1	7.08263069	7.93650794	7.1192053	7.37944798
2	10.9612142	11.7460317	10.9271523	11.2114661
3	13.4907251	14.9206349	14.4039735	14.2717779
4	16.3575042	18.7301587	16.0596026	17.0490885
5	17.8752108	19.5238095	18.7086093	18.7025432
6	19.2242833	21.2698413	20.1986755	20.2309334
7	21.7537943	22.6984127	21.192053	21.88142
8	22.0910624	23.015873	23.1788079	22.7619145
9	22.5969646	25.2380952	23.1788079	23.6712893
10	23.9460371	26.5079365	24.1721854	24.8753863
11	24.6205734	27.1428571	25	25.5878102
12	25.2951096	27.6190476	25.9933775	26.3025116

Tabla 20. Porcentajes de pérdida de peso para el tratamiento 2 (por triplicado y el promedio) a diferentes tiempos de inmersión, T=60°C.

TRATAMIENTO 2				
	Peso perdido (%)			
T (HR)	T2	T2'	T2''	PROMEDIO
0	0	0	0	0
1	10.3825137	11.1111111	8.54572714	9.89643268
2	15.4826958	19.1570881	12.5937031	15.4775604
3	18.3970856	19.5402299	16.3418291	17.9516686
4	20.0364299	21.4559387	18.1409295	19.735328
5	21.4936248	22.605364	19.3403298	21.0011507
6	22.7686703	23.1800766	20.089955	21.8642117
7	23.3151184	23.3716475	20.8395802	22.3820483
8	24.5901639	23.5632184	22.4887556	23.4752589
9	24.7723133	23.5632184	22.4887556	23.5327963
10	25.3187614	25.2873563	23.0884558	24.4533947
11	25.6830601	25.862069	23.3883058	24.8561565
12	26.0473588	26.2452107	23.838081	25.2589183

Tabla 21. Porcentajes de pérdida de peso para el tratamiento 3 (por triplicado y el promedio) a diferentes tiempos de inmersión, T=60°C.

TRATAMIENTO 3				
T (HR)	Peso perdido (%)			
	T3	T3'	T3''	PROMEDIO
0	0	0	0	0
1	10.483871	11.6693679	5.92734226	9.54545455
2	17.0967742	17.3419773	11.6634799	15.5681818
3	19.3548387	20.0972447	15.1051625	18.3522727
4	20.3225806	22.2042139	16.0611855	19.7159091
5	22.5806452	22.528363	17.5908222	21.0795455
6	22.7419355	22.6904376	17.9732314	21.3068182
7	23.3870968	23.3387358	18.3556405	21.875
8	24.0322581	24.1491086	19.1204589	22.6136364
9	24.516129	24.1491086	19.5028681	22.8977273
10	24.516129	24.4732577	20.458891	23.2954545
11	24.8387097	24.7974068	21.0325048	23.6931818
12	25.1612903	25.445705	21.414914	24.1477273

Tabla 22. Porcentajes de pérdida de peso para el tratamiento 4 (por triplicado y el promedio) a diferentes tiempos de inmersión, T=60°C.

TRATAMIENTO 4				
T (HR)	Peso perdido (%)			
	T4	T4'	T4''	PROMEDIO
0	0	0	0	0
1	8.41750842	7.15396579	7.12121212	7.53821824
2	13.8047138	12.7527216	13.7878788	13.4422773
3	18.6868687	17.4183515	18.030303	18.028466
4	22.3905724	21.7729393	21.969697	22.0347918
5	24.9158249	24.8833593	26.0606061	25.3031102
6	26.5993266	27.0606532	27.7272727	27.1481286
7	29.4612795	30.1710731	30.9090909	30.2055878
8	30.3030303	31.1041991	31.6666667	31.0490248
9	31.3131313	32.503888	32.7272727	32.2087507
10	32.4915825	33.592535	33.6363636	33.2630469
11	32.996633	33.903577	34.0909091	33.6847654
12	33.6700337	34.681182	34.8484848	34.4227728

Tabla 23. Porcentajes de pérdida de peso para el tratamiento 5 (por triplicado y el promedio) a diferentes tiempos de inmersión, T=60°C.

TRATAMIENTO 5				
T (HR)	Peso perdido (%)			
	T5	T5'	T5''	PROMEDIO
0	0	0	0	0
1	9.21568627	7.17299578	9.19732441	8.59671302
2	16.2745098	13.7130802	15.7190635	15.2970923
3	20.5882353	18.9873418	21.0702341	20.2907712
4	23.1372549	21.0970464	24.5819398	23.0720607
5	26.0784314	24.0506329	27.2575251	25.9165613
6	27.4509804	25.3164557	28.2608696	27.1175727
7	28.4313725	26.7932489	30.1003344	28.5714286
8	29.4117647	26.7932489	30.4347826	29.0139064
9	29.8039216	28.0590717	30.9364548	29.7092288
10	30.5882353	28.4810127	31.4381271	30.278129
11	31.372549	29.3248945	31.7725753	30.9102402
12	31.372549	29.3248945	32.4414716	31.1630847

Tabla 24. Porcentajes de pérdida de peso para el tratamiento 6 (por triplicado y el promedio) a diferentes tiempos de inmersión, T=60°C.

TRATAMIENTO 6				
T (HR)	Peso perdido (%)			
	T6	T6'	T6''	PROMEDIO
0	0	0	0	0
1	9.43683409	8.7267525	10.2189781	9.45614895
2	17.0471842	16.8812589	17.5182482	17.1484566
3	21.3089802	21.7453505	23.5036496	22.1950024
4	25.2663623	24.3204578	27.0072993	25.5267026
5	28.4627093	27.4678112	29.4890511	28.466438
6	29.9847793	28.4692418	30.9489051	29.789319
7	31.3546423	29.3276109	32.1167883	30.9162175
8	31.6590563	29.8998569	32.5547445	31.3571779
9	32.5722983	30.3290415	32.8467153	31.8961293
10	33.0289193	31.3304721	33.7226277	32.6800588
11	33.3333333	31.3304721	34.1605839	32.9250367
12	33.4855403	31.7596567	34.5985401	33.2680059

Tabla 25. Porcentajes de pérdida de peso para el tratamiento 7 (por triplicado y el promedio) a diferentes tiempos de inmersión, T=60°C.

TRATAMIENTO 7				
	Peso perdido (%)			
T (HR)	T7	T7'	T7''	PROMEDIO
0	0	0	0	0
1	5.12	9.53125	9.41558442	8.02764487
2	14.24	17.34375	19.3181818	16.9590643
3	21.12	23.4375	24.1883117	22.913344
4	24.8	29.6875	27.2727273	27.2727273
5	30.72	33.4375	34.0909091	32.748538
6	33.28	35.625	36.8506494	35.2472089
7	35.04	37.34375	39.9350649	37.4269006
8	37.12	40	40.9090909	39.3407762
9	38.24	41.09375	41.2337662	40.1913876
10	38.56	42.34375	42.0454545	40.9888357
11	40	42.96875	43.0194805	41.9989367
12	40	43.75	43.8311688	42.5305688

Tabla 26. Porcentajes de pérdida de peso para el tratamiento 8 (por triplicado y el promedio) a diferentes tiempos de inmersión, T=60°C.

TRATAMIENTO 8				
	Peso perdido (%)			
T (HR)	T8	T8'	T8''	PROMEDIO
0	0	0	0	0
1	8.85093168	9.3537415	9.07590759	9.085963
2	18.3229814	18.3673469	19.3069307	18.6615887
3	24.689441	25.3401361	26.2376238	25.4080522
4	29.0372671	31.9727891	29.8679868	30.250272
5	33.3850932	34.6938776	34.1584158	34.0587595
6	35.4037267	36.2244898	35.9735974	35.8541893
7	36.6459627	38.0952381	37.4587459	37.3775843
8	38.1987578	39.1156463	39.2739274	38.8465724
9	38.5093168	39.6258503	39.7689769	39.2818281
10	39.1304348	40.1360544	40.2640264	39.8258977
11	39.4409938	40.4761905	40.5940594	40.1523395
12	39.7515528	40.6462585	40.7590759	40.3699674

Tabla 27. Porcentajes de pérdida de peso para el tratamiento 9 (por triplicado y el promedio) a diferentes tiempos de inmersión, T=60°C.

TRATAMIENTO 9				
T (HR)	Peso perdido (%)			
	T9	T9'	T9''	PROMEDIO
0	0	0	0	0
1	12.034384	11.9868637	10.6416275	11.5621788
2	19.9140401	21.0180624	21.7527387	20.8633094
3	26.0744986	28.5714286	26.9170579	27.1325797
4	29.512894	31.8555008	29.2644757	30.1644399
5	33.9541547	35.9605911	34.1158059	34.635149
6	36.1031519	36.7816092	36.4632238	36.4337102
7	36.6762178	37.1100164	37.2456964	36.9989723
8	37.5358166	37.4384236	38.028169	37.6670092
9	38.1088825	37.4384236	38.8106416	38.1294964
10	38.6819484	37.9310345	39.1236307	38.5919836
11	38.9684814	38.5878489	39.4366197	39.0030832
12	39.3982808	39.2446634	39.5931142	39.4141829

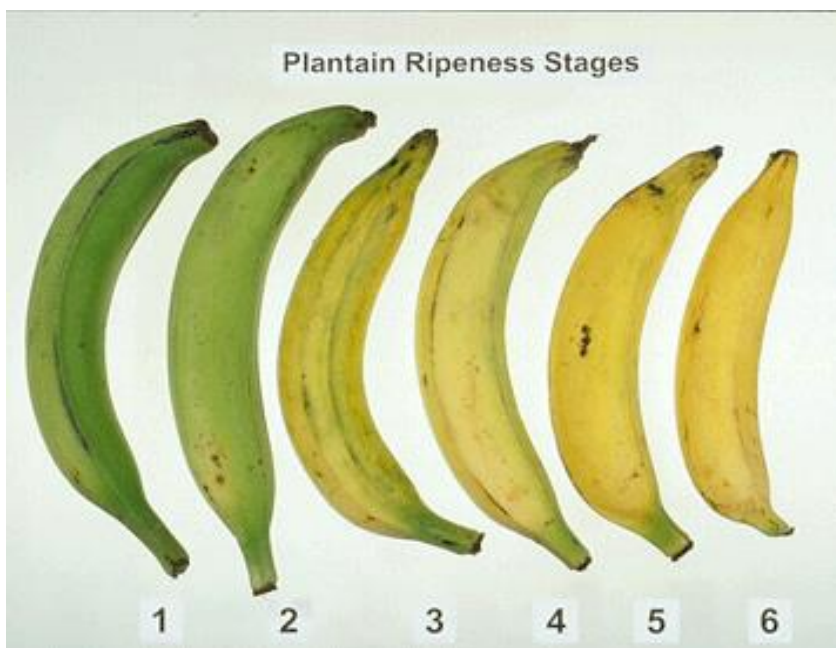


Figura 63. Etapas de maduración de *Musa balbisiana*.