



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución - 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Vea una copia de esta licencia en <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>





**FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Tesis

## **Efecto del lactato de calcio en la deshidratación osmótica de plátano (*Musa paradisiaca*)**

Para optar el título profesional de Ingeniero Agroindustrial

**Autora:**

Erika Malú Flores García

<https://orcid.org/0000-0003-1427-9543>

**Asesora:**

Mari Luz Medina Vivanco

<https://orcid.org/0000-0002-3969-9694>

**Tarapoto, Perú**

**2022**



**FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Tesis


## **Efecto del lactato de calcio en la deshidratación osmótica de plátano (*Musa paradisiaca*)**


Para optar el título profesional de Ingeniero Agroindustrial

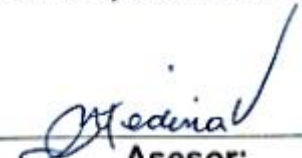
**Presentado por:**  
Erika Malú Flores García

Sustentada y aprobada el 05 de agosto del 2022, ante el honorable jurado:

  
\_\_\_\_\_  
**Presidente de jurado:**  
Ing. M.Sc. Epifanio Efraín Martínez Mena

  
\_\_\_\_\_  
**Secretario de jurado:**  
Ing. Dr. Enrique Navarro Ramírez

  
\_\_\_\_\_  
**Vocal de jurado:**  
Ing. Dr. Oscar Wilfredo Mendieta Taboada

  
\_\_\_\_\_  
**Asesor:**  
Ing. Dra. Mari Luz Medina Vivanco

Tarapoto, Perú

2022



## **ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

Siendo las **11:15 horas**, del día viernes 05 de agosto de 2022, en la ciudad de Tarapoto, en cumplimiento a lo establecido en la Directiva N° 01-2020-UNSM-T, aprobada con Resolución N° 367-2020-UNSM/CU-R de fecha 29 de mayo del 2020, sobre Sustentación de Tesis de Pregrado según la Modalidad No Presencial (forma virtual), en la Facultad de Ingeniería Agroindustrial se reunieron virtualmente el Jurado de Tesis integrado por:

**Presidente** : Ing. M.Sc. EPIFANIO EFRAÍN MARTÍNEZ MENA  
**Secretario** : Ing. Dr. ENRIQUE NAVARRO RAMÍREZ  
**Vocal** : Ing. Dr. OSCAR WILFREDO MENDIETA TABOADA  
**Asesor** : Ing. Dra. MARI LUZ MEDINA VIVANCO

Para evaluar la tesis: “EFECTO DEL LACTATO DE CALCIO EN LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE PLÁTANO (*Musa paradisiaca*)” presentada por la Bachiller en Ingeniería Agroindustrial **ERIKA MALÚ FLORES GARCÍA**. Los señores miembros del jurado, después de haber atendido la sustentación virtual, evaluadas las respuestas a las preguntas formuladas y terminada la réplica; luego de debatir entre sí, reservada y libremente la declaran **APROBADA**, por **UNANIMIDAD** con el calificativo de **BUENO**, en fe de lo cual se firmó la presente acta, siendo las **12:35 horas** del mismo día, con lo que se dio por concluido el acto de sustentación.

.....  
Ing. M.Sc. EPIFANIO EFRAÍN MARTÍNEZ MENA  
PRESIDENTE

.....  
Ing. Dr. ENRIQUE NAVARRO RAMÍREZ  
SECRETARIO

.....  
Ing. Dr. OSCAR WILFREDO MENDIETA TABOADA  
VOCAL

.....  
Ing. Dra. MARI LUZ MEDINA VIVANCO  
ASESOR



## Declaratoria de autenticidad

**Erika Malú Flores García**, con DNI N° 71645796, bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de San Martín, autora de la tesis titulada: **Efecto del lactato de calcio en la deshidratación osmótica de plátano (*Musa paradisiaca*)**.

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. Toda la información que contiene la tesis no ha sido auto plagiada.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumo bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mi accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín.

Tarapoto, 05 de agosto del 2022.



.....  
**Erika Malú Flores García**

DNI N°: 71645796



## Ficha de identificación

<p><b>Título del proyecto</b></p> <p>Efecto del lactato de calcio en la deshidratación osmótica de plátano (<i>Musa paradisiaca</i>).</p>	<p><b>Área de investigación:</b> Gestión integral Y sostenible de los recursos naturales</p> <p><b>Línea de investigación:</b> Procesos Agroindustriales de la producción agropecuaria y forestal de la Región San Martín</p> <p><b>Sublínea de investigación:</b> Deshidratación osmótica</p> <p><b>Tipo de investigación:</b>          Básica <input type="checkbox"/>, Aplicada <input checked="" type="checkbox"/>, Desarrollo experimental <input type="checkbox"/></p>
<p><b>Autor:</b> Erika Malú Flores García</p>	<p><b>Facultad de</b> Ingeniería Agroindustrial</p> <p><b>Escuela Profesional de</b> Ingeniería Agroindustrial</p> <p><a href="https://orcid.org/0000-0003-1427-9543">https://orcid.org/0000-0003-1427-9543</a></p>
<p><b>Asesor:</b> Mari Luz Medina Vivanco</p>	<p><b>Dependencia local de soporte:</b> Facultad de Ingeniería Agroindustrial</p> <p>Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial</p> <p>Unidad o Laboratorio Ingeniería Agroindustrial</p> <p><a href="https://orcid.org/0000-0002-3969-9694">https://orcid.org/0000-0002-3969-9694</a></p>

## Dedicatoria

A Dios:

Por brindarme la vida, salud, sabiduría, ser mi guía y proteger mis pasos en mi vida cotidiana.

A mis Padres:

Andrea y Enemesio, por el apoyo incondicional a lo largo de mi formación académica, ejemplo de trabajo, dedicación, constancia, humildad e integridad moral.

## Agradecimientos

Al creador y gobernante del universo otorgándome la existencia y colmándome de bienaventuranzas en esta y en todas mis etapas, que con su misericordia sin fin me otorgo la sapiencia basta para llegar al último peldaño de la carrera universitaria.

A mi alma mater universitaria (UNSM) y a la Facultad de Ingeniería Agroindustrial (FAI), sus docentes y catedráticos que me educaron como profesional idóneo y calificado.

A mi asesora Ing. Dr. Mari Luz Medina Vivanco; gracias por su valioso tiempo que dedicó en la investigación, por instruirme, compartir sus conocimientos y formar parte de mi desenvolvimiento profesional.

Así mismo, mi gratitud para el Ing. Richer Garay Montes por su co-asesoramiento y contribución en el laboratorio de investigación y por ofrecerme su amistad.

Para finalizar, agradecer de forma singular a aquellas personas que me acompañaron a través de esta etapa de estudios superiores, haciendo que la senda a seguir, a pesar de todos sus obstáculos sea más llevadero, amigos míos, gracias por todo, los conservare siempre presentes.



## Índice general

Ficha de identificación .....	6
Índice general .....	9
Índice de tablas .....	11
Índice de figuras .....	12
RESUMEN .....	13
ABSTRACT .....	14
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN .....	15
1.1. Planteamiento del marco general del problema .....	15
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO .....	18
2.1. Antecedentes de la investigación .....	18
2.2. Fundamentos teóricos .....	21
2.2.1. Generalidades del plátano .....	21
2.2.2. Valor Nutricional .....	22
2.2.3. Sistemas de Manejo Postcosecha .....	23
2.2.4. Cambios en el estado de madurez del plátano .....	24
2.2.5. Plátano tipo fruta seca .....	27
2.2.6. Deshidratación de frutas .....	28
2.2.7. Deshidratación osmótica como pretratamiento de frutas y verduras .....	29
2.2.8. Deshidratación osmótica y métodos combinados .....	31
2.2.9. Transferencia de masa .....	32
2.2.10. El agua en los alimentos .....	34
2.2.11. Contenido de agua .....	34
2.2.12. Actividad de agua .....	34
2.2.13. Ventajas de la deshidratación osmótica para la industria .....	34
2.2.14. Color en los procesos de deshidratación .....	35

	10
2.3. Definición de términos básicos .....	36
CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS .....	39
3.1. Ámbito de la investigación .....	39
3.2. Sistema de variables .....	39
3.3. Procedimientos de la investigación .....	39
3.3.1. Objetivo específico1 .....	39
3.3.2. Objetivo específico 2.....	40
3.3.3. Objetivo específico 3.....	40
3.4. Tipo y nivel de la investigación .....	40
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	46
4.2. Objetivo específico 1 .....	47
4.3. Objetivo específico 2. ....	50
4.4 Objetivo específico 3. ....	55
CONCLUSIONES.....	60
RECOMENDACIONES.....	61
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62
ANEXOS .....	67

## Índice de tablas

Tabla 1. Composición química de la pulpa de plátano .....	22
Tabla 2. Usos y Ventajas de Algunos Agentes Osmóticos.....	32
Tabla 3. Descripción de variables por objetivo específico.....	39
Tabla 4. Tratamientos de la investigación.....	45
Tabla 5. Características del plátano en diferentes estados de madurez .....	46
Tabla 6. Influencia de la concentración de la solución osmótica .....	47
Tabla 7. Análisis de calcio para muestras de plátano con deshidratación osmótica....	54
Tabla 8. Promedio de aceptación sensorial de plátano deshidratado .....	55
Tabla 9. Cambio de color del plátano deshidratado .....	57
Tabla 10. Textura de muestras de plátano fresco y deshidratado.....	58
Tabla 11. Contenido proximal de plátano fresco y deshidratado a 60°Brix con 1% de calcio .....	59

## Índice de figuras

Figura 1. Plátano ( <i>Musa paradisiaca</i> ) .....	22
Figura 2. Etapas de madurez del banano.....	25
Figura 3. Esquema ilustrativo de deshidratación osmótica .....	30
<i>Figura 4.</i> Diagrama de flujo para la obtención de fruta deshidratada. ....	42
Figura 5. Pérdida de peso, pérdida de humedad, $A_w$ y ganancia de sólido .....	48
Figura 6. Influencia del lactato de calcio en la ganancia de sólidos .....	50
Figura 7. Influencia del lactato de calcio en la pérdida de humedad .....	51
Figura 8. Influencia del lactato de calcio en la pérdida de peso .....	52
Figura 9. Influencia del lactato de calcio en la actividad de agua .....	53
Figura 10. Influencia del lactato de calcio en (a) sabor, (b) color, (c) textura y (d) aparición del plátano deshidratado .....	56
Figura 11. Medida del cambio de color en la deshidratación osmótica de plátano .....	57
Figura 12. Medida de la textura del plátano deshidratado con texturómetro .....	58

## RESUMEN

El plátano tiene características sensoriales con buena aceptabilidad, por lo que puede ser consumido de diversas maneras como cocinado, frito, asado. Pero, al ser una fruta climatérica posee una corta vida útil y se puede deteriorar con mucha facilidad. Diferentes investigaciones demuestran que hay la posibilidad de conservarlas por más tiempo, cuando el fruto es sometido a un proceso de corte, jarabeo en sacarosa y secado. La investigación tuvo los objetivos de evaluar la influencia de la concentración de la solución osmótica (50, 55 y 60°Brix) en la ganancia de solutos, pérdida de agua y peso, pérdida de color, textura; en la deshidratación osmótica de plátano, evaluar la influencia de la concentración de lactato de calcio (0, 1 y 2g/100gramos de solución osmótica) en la ganancia de soluto, pérdida de agua y peso, pérdida de color, textura; en la deshidratación osmótica de plátano y evaluar las características sensoriales del producto osmóticamente deshidratado y seco. Es de tipo de investigación es básico y nivel aplicativo, con diseño de la investigación experimental, porque las muestras de plátano fueron sometidas a diferentes tratamientos. Los resultados demostraron que no existe diferencia estadísticamente significativa para la influencia de la concentración de la solución osmótica (50, 55 y 60°Brix) en la ganancia de solutos, pérdida de agua y peso, pérdida de color, textura; en la deshidratación osmótica de plátano. Con p-valor de 0,000 al 95% de confianza se encontró diferencia estadísticamente significativa para la influencia de la concentración de lactato de calcio (0, 1 y 2g/100gramos de solución osmótica) en la ganancia de soluto, pérdida de agua y peso, pérdida de color, textura; en la deshidratación osmótica de plátano. No se encontró diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos para aceptación de las características sensoriales y del producto osmóticamente deshidratado. La muestra con mayor aceptación fue a 60°Brix con 1% de Ca, observando que el contenido de calcio en el plátano fresco no fue detectado y en el deshidratado fue de 375.00 ppm. En conclusión, la deshidratación osmótica de plátano da valor agregado a la fruta deshidrata por el incremento en el contenido de calcio que contribuirá en la nutrición de los consumidores.

**Palabras clave:** Plátano, deshidratación osmótica, lactato de calcio y fruta deshidratada



## ABSTRACT

The plantain has sensory characteristics with good acceptability, so it can be consumed in various ways such as cooked, fried, roasted. However, being a climacteric fruit, it has a short shelf life and can deteriorate very easily. Different researches show that it is possible to preserve them for a longer period of time when the fruit is exposed to a process of cutting, syrupe in saccharose and drying. The research had as objectives to evaluate the influence of the concentration of the osmotic solution (50, 55 and 60°Brix) on the gain of solutes, loss of water and weight, loss of color, texture; to evaluate the influence of calcium lactate concentration (0, 1 and 2g/100grams of osmotic solution) on solute gain, water and weight loss, color loss, texture; in the osmotic dehydration of plantain and to evaluate the sensory characteristics of the osmotically dehydrated and dried product. The type of research is basic and of applicative level, with experimental research design, since the plantain samples were subjected to different treatments. The results showed that there is no statistically significant difference regarding the influence of the concentration of the osmotic solution (50, 55 and 60°Brix) on the gain of solutes, loss of water and weight, loss of color, texture, in the plantain osmotic dehydration. With a p-value of 0.000 at 95% confidence, a statistically significant difference was found for the influence of calcium lactate concentration (0, 1 and 2g/100g of osmotic solution) on solute gain, water and weight loss, color loss, texture, in the osmotic dehydration of plantain. No statistically significant difference was found between treatments for acceptance of sensory characteristics and osmotically dehydrated product. The sample with the highest acceptance was at 60°Brix with 1% Ca, observing that the calcium content in the fresh plantain was not detected and was 375.00 ppm in the dehydrated plantain. In conclusion, the osmotic dehydration of plantain gives added value to the dehydrated fruit by increasing the calcium content, which will contribute to the nutritional value for consumers.

**Keywords:** Plantain, osmotic dehydration, calcium lactate and dehydrated fruit.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN

### 1.1. Planteamiento del marco general del problema

“Las exportaciones mundiales de plátanos alcanzaron el récord de 20,2 millones toneladas en 2019, un aumento estimado del 5% en comparación con 2018”(FAO, 2020). Datos de los primeros nueve meses del año indica que el fuerte crecimiento de la oferta en Ecuador y Filipinas, los dos principales exportadores son los responsables de este aumento.

Además, se observó el aumento en exportaciones de Panamá. Según la FAO (2020) “Las exportaciones de América Latina y el Caribe son aumentaron 2% en 2019, a 15 millones toneladas, debido al fuerte crecimiento de los envíos en varios de los principales exportadores”. Entre enero y agosto de 2019, suministros de Ecuador a Turquía aumentó en casi un 50%, mientras que las exportaciones a China más del doble, a aproximadamente 370 000 toneladas (FAO, 2020).

En nuestro país su producción tiene un lugar importante en la parte económica, social y alimentaria. Para el año 2016 se cosechó 160 mil hectáreas de plátano, así mismo se encontró que en el mismo año, en el mes de marzo, se tuvo una producción de 190 toneladas; lo que para el año 2017 en el mes de marzo se obtuvo un incremento de 20,53%. Ello permitió más trabajo, por lo que se constituye una generadora de empleo en producción y en el manejo (Cerqueira et al., 2005).

Las regiones de la selva peruana son las que más lo producen y consumen, tanto así que forma parte de muchos platos típicos de la zona. Sin embargo, se estima que, entre la cosecha, el transporte y el almacenamiento se originan grandes pérdidas cuantitativas y cualitativas por ser un producto que contiene un alto porcentaje de agua que afecta la distribución de los compuestos bioactivos y su estabilidad, haciendo que su conservación sea complicada y nos encontremos en la necesidad de utilizar técnicas de deshidratación que ayuden a concentrar los compuestos de interés y algunas características sensoriales, muy importantes para la comercialización. Por ello, se buscan nuevas tecnologías de los alimentos que brinden procesos industrializados con la finalidad de brindar mayor valor agregado, pero teniendo en cuenta la conservación de la calidad, debido a que cada vez son más las personas que buscan un estilo de vida más saludable, la cual empieza en la alimentación (Sousa et al., 2003).

Así mismo, la Región de San Martín ocupa uno de los primeros lugares como productora de plátano. Dicho fruto se produce todo el año, encontrándose épocas donde la oferta es mayor que la demanda y debido a que es una fruta con alto índice perecible afectando a los productores.

En nuestra región todavía no contamos con tecnologías de procesamiento que ayuden a mantener o brindarle una vida útil más larga, con mayor valor agregado. Es por eso que se hace notoria la necesidad de aplicar procesos simples y de poco costo que ayuden a transformar el fruto en un producto con mayor valor agregado que certifiquen su permanencia, duración y la aceptación de los clientes. Así mismo, la clientela es cada vez más exigente y buscan que su producto mantenga sus características iniciales.

El plátano tiene características sensoriales con buena aceptabilidad, por lo que puede ser consumido de diversas maneras como cocinado, frito, asado. Pero, al ser una fruta climatérica posee una corta vida útil y se puede deteriorar con mucha facilidad. Diferentes investigaciones demuestran que hay la posibilidad de conservarlas por más tiempo, cuando el fruto es sometido a un proceso de corte, jarabeo en sacarosa y secado.

Muchos autores encontraron similitudes en sus investigaciones en deshidratación en variedades de plátano como isla, inguri y manzano (Farias, 2009). Estos autores descubrieron que el plátano deshidratado tiene buena aceptación en los mercados de frutas secas, ya que se consideran como saludables. Al aplicar pretratamientos osmóticos que contiene agua, azúcar y lactato de calcio, para luego ser sometidos a un secado convectivo, se convierte en una tecnología apropiada para tener plátanos deshidratados, enriquecidos con calcio. Pero, su principal atribución será la de consumo directo y como un ingrediente que se utilizará en la confitería, repostería, queques, entre otros.

Dentro de los métodos que más se utilizan podemos encontrar el de deshidratación osmótica y los flujos de aire caliente debido a que permite obtener productos con mayor tiempo de vida útil de sus propiedades y su valor nutritivo, es por ello que algunas investigaciones están dedicadas al estudio sobre el uso y la aplicación de los métodos mencionados a diferentes productos agrícolas (Escalante et al., 2013).

La deshidratación osmótica, a la cual también se le conoce como impregnación o saturación consiste en transformar los productos perecederos en otros alimentos mínimamente procesados con una vida útil más prolongada y un valor nutricional mejorado mediante la eliminación de agua. Para ello, el plátano cortado en trozos es sometido a una solución hipertónica con alta presión osmótica, de modo que las células

de la pared celular, que contiene gran cantidad de grietas, en especial la barrera principal, sean más permeable al agua y al soluto. La dirección de la fuerza va desde el interior del fruto hacia la solución donde la membrana semipermeable permitirá la difusión del producto (Machado et al., 2005).

“La adición de sales de calcio a soluciones osmóticas se ha utilizado para reducir el daño causado a la estructura de la pared celular debido a la deshidratación” (Ferrari et al., 2010; Mastrantonio et al., 2005). Sin embargo, el uso de estas sales en soluciones osmóticas también puede aumentar la tasa de pérdida de agua, reducir la actividad del agua y aumentar el contenido de calcio de las verduras y frutas, resultando en productos fortificados (Silva et al., 2013).

Por lo antes mencionado y considerando la importancia de obtener fruta deshidratada se desarrolló la investigación titulada “Efecto del lactato de calcio en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del plátano (*Musa paradisiaca*) osmodeshidratado”, con el **objetivo general** de determinar el efecto del lactato de calcio en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del plátano (*Musa paradisiaca*) osmodeshidratado; los **objetivos específicos** son: evaluar la influencia de la concentración de la solución osmótica (50, 55 y 60°Brix) en la ganancia de solutos, pérdida de agua y peso, pérdida de color, textura; en la deshidratación osmótica de plátano; evaluar la influencia de la concentración de lactato de calcio (0, 1 y 2g/100gramos de solución osmótica) en la ganancia de soluto, pérdida de agua y peso, pérdida de color, textura; en la deshidratación osmótica de plátano y evaluar las características sensoriales del producto osmóticamente deshidratado y seco.

Se consideró de importancia la investigación porque el plátano es una fruta climatérica de corta vida útil, pero muy significativa en la economía de los agricultores de la selva del Perú. La deshidratación es una de las mejores tecnologías para la conservación de alimentos por la mínima cantidad de humedad que contiene después de su secado, esta tecnología es sencilla y barata dependiendo de la fuente de energía que se utilice. Además, sólo necesita mínima cantidad de aditivos químicos.

Conservar los alimentos para consumirlo en períodos de escasez o fuera de temporada, ayuda a tener disponibilidad de alimentos de calidad durante todo el año, resulta mucho más ventajoso y se éstos son deshidratados puesto que no es necesario utilizar conservantes químicos para su conservación.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

Carrillo-Carrillo, Castorena-Alemán, García-Jiménez, & García-González (2019) realizaron la investigación “*Deshidratación de plátano (Musa paradisiaca) por medio de radiación solar en un secador directo*” con el propósito de deshidratar plátano utilizando secadores solares directos. El proceso que siguieron fue: quitar la cáscara a la fruta, cortaron en rodajas de 1,75 cm de radio con 0,525 cm de espesor. Los investigadores colocaron las muestras en dos bandejas de malla polimérica con dimensiones de 24 cm por 34,2 cm. Determinaron la humedad inicial de las muestras antes de colocar a los secadores solares. La humedad y la temperatura de las muestras controlaron cada 15 minutos, y cada hora midieron el color. Finalmente, determinaron por triplicado el porcentaje de humedad del producto final. Los resultados demostraron que “la humedad disminuye desde un 57,23% hasta un 20,87% en convección natural y 20,80% en convección forzada. El tiempo promedio de secado que utilizaron fue de 8 horas con una temperatura promedio de 38,7 °C para la convección natural y 34,68 °C para la convección forzada” (Carrillo-Carrillo, et al., 2019).

Silva, Fernandes y Mauro (2014) en su investigación “La deshidratación osmótica de la piña con impregnación de sacarosa, calcio y ácido ascórbico” tuvo como objetivo “determinar el efecto de las concentraciones de sacarosa y lactato de calcio en la cinética de deshidratación osmótica de piña, respecto a la difusividad del agua, el color, la actividad del agua, la textura y la composición del fruto”. La deshidratación osmótica se realizó utilizando 40% y 50% de soluciones de sacarosa con 0%, 2% o 4% de lactato de calcio agregado durante 1, 2, 4 y 6 h de tiempo de procesamiento. En general, la ganancia en calcio fue mayor en muestras sometidas a soluciones con mayores concentraciones de sacarosa y lactato de calcio. Los mayores contenidos de calcio (90 mg / 100 g) se alcanzaron después de 6 h de impregnación en ambos 40% y 50% de soluciones de sacarosa que contienen 4% de lactato de calcio. La adición de calcio a la solución osmótica reduce el contenido de agua del producto y la velocidad de incorporación de soluto, inhibiendo la impregnación de sacarosa y aumentando la eficiencia del proceso. Los autores concluyen que “La adición de lactato de calcio al 4% a la solución aumentó todas las difusividades en comparación con la adición de 2% pero no en relación con tratamientos sin calcio agregado. La impregnación no influyó en el color del producto ni en el valor de la tensión en la ruptura, en comparación con piña cruda. Los coeficientes de difusión permitieron la selección de las concentraciones de



sacarosa y calcio y el cálculo del tiempo de procesamiento para dar el producto deseado composición” (Silva, et al., 2014).

Defraeye (2016) en su investigación “When to stop drying fruit: Insights from hygrothermal modelling” basó su investigación en el uso de simulaciones hidrogenicas, para las que se evaluaron diversos criterios de detección, que tienen como base la actividad final del agua y la cantidad de humedad residual que posee la fruta. El impacto que se produce con el tiempo de secado y la humedad, pudo cuantificar cual es la cinética de retribución dentro de la fruta. En ello se ha encontrado que una de las variantes lleva a una retribución significativa con un 24% en el tiempo de resistencia en la secadora, al ser comparado con la deshidratación completa. En esta variante, cuando la muestra logre una actividad de agua en equilibrio al 60% entonces el secado se detendrá, evaluado a partir de la isoterma de sorción. Por otro lado, se ha encontrado que la variable no presenta problemas en el deterioro de la fruta en comparación que si tuviera actividad de agua en niveles bajos posterior a la retribución de humedad durante la relajación con el ambiente. Con el estudio se brinda una perspectiva cuantitativa más alta en lo que se refiere a detener el secado de la fruta, habiendo un secado con condiciones específicas, evitando que la seguridad alimentaria se vea afectada.

Julca y Vásquez (2018) en su investigación “Deshidratación osmótica de mamey (*Mammea Americana* L.) y su efecto en las características fisicoquímicas y organolépticas”, realizado en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Los autores evaluaron el espesor de las láminas de 3,2 y 0,5 cm de largo, ancho y espesor, de mamey, las que tuvieron un grado de madurez de 5,08 y utilizaron soluciones osmóticas de sacarosa de 45, 50, 55, 60 y 65°Bx, el jarabe con la fruta tuvo una relación de 2:1 con temperatura ambiente. Después del tratamiento osmótico fue secado con aire caliente a temperaturas de 40, 45 y 50°C con velocidades de 3,5 m/s a una hora. En los resultados encontraron que la mayor ganancia de sólidos fue a 8,63%, con un tratamiento de 45°Brix; en cambio el mayor nivel de pérdida de peso lo obtuvieron con el tratamiento con 65°Bx con 37,76 y 43,69% correspondientemente, así mismo el tratamiento realizado a 65°Bx/40°C fue el que mejor resultado dio en la evaluación realizada por los panelistas, la humedad alcanzada fue de 14,27%; en cambio la muestra testigo no obtuvo aceptación por parte de los panelistas, y la humedad llegó hasta el 3,54%.

García, Bejarano, Paredes, Vega, y Encinas (2018) en la investigación “La deshidratación osmótica mejora la calidad de *Ananas comosus* deshidratada” este estudio tuvo como propósito “evaluar el efecto de la deshidratación osmótica en la

calidad fisicoquímica y concentración de vitamina C en *Ananas comosus* deshidratada”. Los investigadores utilizaron trozos de *Ananas comosus* de un 1 cm de espesor de corte, y soluciones osmóticas a 60, 65 y 70 °Brix, expusieron las muestras a periodos de inmersión 3, 6, 24 y 48 horas, en una relación jarabe de sacarosa 2:1, transcurrido el tiempo de osmodeshidratación las muestras fueron secadas con flujo de aire caliente durante 3 horas a 50 °C, velocidad 2,5 m/s de corriente de aire. Los investigadores encontraron que “*Ananas comosus* osmodeshidratado y luego secado con aire caliente fueron las muestras que presentaron las mejores características fisicoquímicas a 70°Brix por 48 horas, humedad 15,23%, sólidos solubles 25,1 °Brix, acidez 0,79%, pH 4,35 y mayor concentración de vitamina C 10,39 mg/100g. La osmodeshidratación puede ser considerada como proceso alternativo para mejorar la calidad de *Ananas comosus* deshidratada” (García et, al., 2018).

Núñez (2018) en la investigación “Ganancia de sólidos, pérdida de agua y textura durante la deshidratación osmótica del yacón (*Smallanthus sonchifolius*) evaluado a diferentes presiones y temperaturas” este estudio tuvo como finalidad “evaluar la ganancia de sólidos, pérdida de agua, humedad y textura durante la deshidratación osmótica de las rodajas de yacón”, aplicaron diferentes presiones con pulsos de vacío de 100, 200, 300 mbar y temperaturas de 30, 40, 50 °C. Los investigadores realizaron un osmodeshidratado con sacarosa a rodajas de yacón con 0,3 cm de espesor y 5 cm de diámetro. El procesamiento lo realizaron aplicando las presiones cada 10 minutos, luego se restableció a presión atmosférica por otros 10 minutos, en un periodo de tiempo de 2,5 horas. La solución osmo deshidratante fue la relación de 1:5, colocaron las muestras en soluciones de 20, 30 y 40 °Brix. Los investigadores encontraron que “la metodología de superficie de respuesta demuestra una ganancia de sólidos de 24,44 °Brix con concentración de solución osmótica de 40°Brix, aplicando temperatura de 50°C y presión de pulsos de vacío de 248,22 mbar, determinaron una pérdida de agua máxima de 48,89% con concentración de solución osmótica de 40°Brix, con temperatura de 50°C y presión de 102 mbar, una humedad máxima de 29,51 % con concentración de solución osmótica de 40 °Brix, con temperatura 48,70 °C y presión de pulsos de vacío de 110.8 mbar”. La Investigación concluye que “la pérdida de humedad con una concentración de 20 °Brix de sacarosa es superior al 12 % y con una concentración de 40 °Brix de sacarosa la humedad disminuye aproximadamente 20 %. Con una temperatura de 30 °C el porcentaje de humedad es aproximadamente 20 %, mientras que a 50 °C es 28 %” (Núñez, 2018).

Quiñones (2019) en la investigación “Influencia de las condiciones de procesos para obtener osmodeshidratado de manzana (*Malus communis* var. *delicious*)” el investigador determinó la influencia del espesor de la rodaja de manzana sumergida en una solución osmótica, realizó pruebas con 0,5 cm, 0,75cm y 1cm de espesor de corte, las que fueron confitadas en jarabe de sacarosa a 30°Brix, 40°Brix y 50°Brix durante 6 horas a 45 °C y secadas a 60 °C en un secador de bandejas con flujo de aire caliente. El panel de evaluación sensorial determinó que la muestra con 0,5 cm de espesor tenía las mejores características. El investigador determinó que la máxima absorción de sólidos solubles en la manzana “fue una ganancia de 19,5°Brix, 24,1°Brix y 29,1°Brix para muestras sumergidas a 30°Brix, 40°Brix y 50°Brix, respectivamente, con un tiempo final de 4 horas”. Luego las muestras fueron confitadas a 45°C por 4 horas y secadas a 60°C en un secador de bandejas. “La evaluación sensorial califico como mejor a las muestras tratadas en jarabe de sacarosa con 40°Brix. La influencia de la actividad de agua del producto en el proceso se hicieron pruebas con 0,68, 0,71 y 0,74, las muestras fueron confitadas a 40°Brix por 4 horas a 45°C y secadas a 60°C en un secador de bandejas. La evaluación sensorial califico como mejor a las muestras con actividad de agua de 0.71. en el análisis proximal se determinó la disminución del contenido de proteínas en la manzana delicia durante la deshidratación osmótica y la ganancia de carbohidratos y fibra” (Quiñones, 2019).

## **2.2. Fundamentos teóricos**

### **2.2.1. Generalidades del plátano**

El origen de la *Musa paradisiaca* se encuentra en el sudoeste asiático, es parte de la familia de las musáceas, quiere decir que es un híbrido triploide de *Musa balbisiana* y *Musa acuminata*. Existe probabilidad de que el plátano fue introducido al África del este y oeste, por los años de 1000 a 1500 de la era cristiana. Para posteriormente llegar a al Caribe y América Latina, poco tiempo después de que el continente fuera descubierto. En Sudamérica se encontró por la parte de Bolivia y gran parte de Brasil. Su mayor consumo se presenta en los trópicos, teniendo especial relevancia en la selva tropical por su gran sabor, valor nutritivo y porque se producción se da durante todo el año. Así pues, en el Oeste y Centro de África forma parte de la principal fuente de alimentación de más de 270 millones de personas (Medina et al., 2015).



**Figura 1.** Plátano (*Musa paradisiaca*)

### 2.2.2. Valor Nutricional

El plátano inguiri verde sancochado es uno de los alimentos de índice de consumo por su buena aceptación sensorial y alto valor nutricional, tal como se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1**

*Composición química de la pulpa de plátano*

<b>Componentes</b>	<b>Unidades</b>	<b>Según Simmonds 1973 (Valores)</b>
Energía	Kcal.	104
Agua	%	70
Carbohidratos	%	27
Proteínas	%	1,2
Fibra	%	0,5
Grasa	%	0,3
Ceniza	%	0,9
Calcio	ppm	80
Fósforo	ppm	290
Hierro	ppm	6
Potasio	ppm	1920
B-caroteno (vitamina A)	ppm	2,4
Tiamina (vitamina B1)	ppm	0,5
Tiamina (vitamina B2)	ppm	0,5
Tiamina (vitamina B6)	ppm	3,2
Niacina	ppm	7
Ácido ascórbico vitamina C	ppm	120

Tomado de Simmonds (1973)

### 2.2.3. Sistemas de Manejo Postcosecha.

Según Flores (2007) se debe tener un especial cuidado al momento de manejar los racimos para evitar daños, apenas son cosechados trasportalos a los centros de acopio. Su traslado se puede realizar con una vara en donde se coloca un racimo en cada extremo y se carga en los hombros.

Arias y Toledo (2000) menciona que “la característica común en el manejo pos cosecha de frutas, es tener en cuenta que continúan sus procesos biológicos después de cosechadas. Esto significa que la fruta cosechada continúa respirando, madurando en algunos casos e iniciando procesos de senescencia, todo lo cual implica una serie de cambios estructurales, bioquímicos y de componentes que son específicos para cada fruta”. Los mismos autores consideran que “Se debe tener en cuenta que los procesos biológicos generan pérdida de agua por transpiración y a otros fenómenos fisiológicos constantes. Así mismo, la respiración de la fruta requiere energía necesaria para desarrollar una serie de procesos biológicos indispensables”.

“El proceso respiratorio ocurre a expensas de las sustancias de reserva (azúcares, almidones, etc.) las que son oxidadas, con el consiguiente consumo de oxígeno (O<sub>2</sub>) y producción de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Adicionalmente, la respiración genera calor (calor vital) que al ser liberado al medio que rodea a la fruta puede afectar al producto cosechado” (Arias y Toledo, 2000)

Según Travaglini, Pinto, Bleinroth, y Leitão (1995) el procedimiento para cosechar plátano es el siguiente:

- Para realizar el corte se utilizará el chuzador o puyero, el que realizará un corte parcial de unos 2/3 de la parte superior del pseudotallo para que el propio peso del plátano doble el tallo.
- El racimo de plátano debe quedar suspendido sin llegar a tocar el suelo y la bolsa de polietileno deberá seguir cubriendo el racimo.
- El recibidor recibirá el racimo cuando la planta se encuentre doblada, sin dejar que caiga.
- El raquis se deberá cortar en la parte superior de la mano
- El recibidor o cargador tiene que llevar el racimo a los lugares de acopio o al cable vía.



#### 2.2.4. Cambios en el estado de madurez del plátano

León y Mejía (2002) consideran que “las enzimas funcionan como catalizadores biológicos generando cambios bioquímicos y controlando las reacciones relacionadas con la maduración, aún después que el fruto es cosechado, los cambios pueden ser positivos o negativos en el color, el aroma, el sabor, la textura y las propiedades nutricionales de los alimentos, llevándolos aún a la descomposición”.

Kuang, Chen, Shan, Yang, y Chen (2013) afirman que al “caracterizar molecularmente dos componentes de señalización de etileno durante la maduración del plátano, encontraron que el gen proteico MaEBF puede ser el responsable de la maduración del plátano. Comprobándose que, durante la maduración, el plátano sufre cambios físicos y químicos”, las principales variaciones en ese proceso metabólico se pueden resumir así:

**Hidrólisis del Almidón:** “La maduración se inicia y progresa cuando por actividad enzimática los almidones se transforman en azúcares” (Kuang, et al., 2013).

**Aumento en la relación pulpa - cáscara:** “La pulpa aumenta de peso por absorción de agua de la cáscara y, probablemente, también del vástago” (Kuang, et al., 2013).

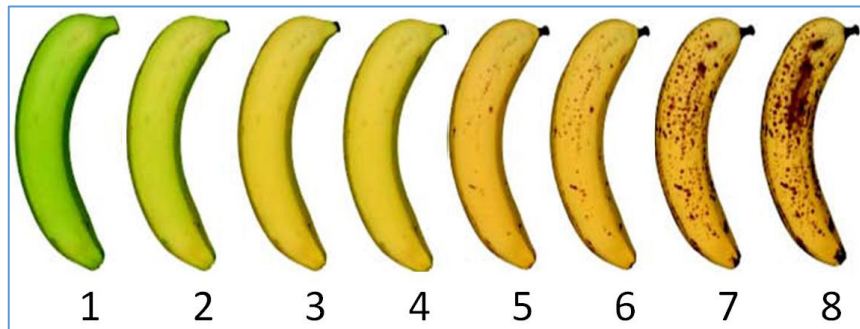
**Humedad de la pulpa:** “Aumenta no solo por el agua proveniente de la cáscara sino de la originada en la degradación de los carbohidratos durante el metabolismo” (Kuang, et al., 2013).

**Acidez:** “Aumenta poco a poco durante la mayor parte del periodo de maduración, hasta comunicarle un sabor ácido típico y definido al producto” (Kuang, et al., 2013).

**Pigmentos:** “La cáscara cambia el color verde al amarillo y luego se oscurece al café; el color verde se pierde por disminución de la clorofila, mientras que la xantofila y los carotenos se mantienen casi constantes” (Kuang, et al., 2013).

**Sólidos solubles:** “El contenido de sólidos solubles aumenta y es proporcional a la concentración de azúcares totales” (Kuang, et al., 2013).

Escalante et al. (2013) en el trabajo “Optimización de la extracción enzimática de jugo de banano a partir de los cultivares enano gigante, FHIA-17 Y FHIA-23” realizaron una clasificación de plátanos según su etapa de madurez tal como se muestra en la figura 1. Estos estados de madurez se tomaron como referencia para clasificar el plátano isla según estado de madurez.



**Figura 2.** Etapas de madurez del banano (Escalante et al., 2013).

Reynoso (2019) menciona que, “durante el proceso de maduración, las frutas muestran variaciones en sus características físico químicas, como el peso, la circunferencia con respecto a la longitud y la proporción entre la pulpa y la cáscara. Estos cambios ocurren simultáneamente con otros cambios visuales en la fruta, como el tamaño, forma, volumen, angularidad, color de la cáscara y naturaleza del extremo estilar” (p. 24), los cambios más comunes mencionados por Reynoso (2019) son:

#### **2.2.4.1. Diámetro, longitud, peso, volumen y densidad de la fruta**

La madurez de los plátanos comúnmente es asociada al diámetro, grado o grosor de los dedos, usado para calcular la madurez del racimo. “En la práctica comercial, el diámetro del dedo o el grado de cosecha se determina midiendo con un calibrador el dedo medio en el círculo exterior de la segunda mano (en la parte más gruesa del dedo) en cada racimo” (p.24).

#### **2.2.4.2. Relación pulpa/cáscara**

“Los cambios en la relación pulpa/cáscara de los plátanos durante la maduración es uno de los indicadores de la madurez más significativos y consistentes. Existen tanto una relación lineal como una fuerte correlación entre la relación pulpa/cáscara y edad del racimo” (Reynoso, 2019).

#### **2.2.4.3. Color de la pulpa y cáscara**

“Durante el proceso de maduración de los plátanos, ocurren cambios en el color de la pulpa y de la cáscara, que son esenciales en la evaluación total de la madurez de la fruta” (Reynoso, 2019).

#### **2.2.4.4. Firmeza de la pulpa**

“La firmeza de los plátanos no cambia significativamente durante las etapas tempranas de maduración, pero al progresar el crecimiento, pueden ocurrir cambios en la firmeza de la pulpa” (Reynoso, 2019).

Anurag, Misra, y Sanwal (2003) evaluaron la “actividad de la enzima pectato liasa en la maduración de los plátanos, encontrando que la actividad de la pectato liasa se incrementa progresivamente desde el inicio del climaterio, y se reduce al finalizar el climaterio, en tanto que la actividad de la poligalacturonasa aumenta progresivamente durante la maduración del fruto, incluso en las frutas pos climatéricas”.

Seemi, Prabodh, y Pravendra (2004) mencionan que “los cambios en la actividad de las hidrolasas en la pared celular de la cáscara del plátano, durante la maduración inducida por etileno degradan la pared celular, como consecuencia de la solubilización de la pectina. Además, encontraron que los cambios pueden incluir el aumento de actividades de varias hidrolasas de la pared celular, promovida por las hormonas de la maduración inducida, y la actividad de la metil esterasa (PME), poligalacturonasa (PG), pectato liasa (PL) y celulasa sobre todo en el caso del banano de la variedad Cavendish”.

#### **2.2.4.5. pH y acidez titulable de la pulpa**

“Los cambios en el pH y en la acidez titulable total de la pulpa durante la maduración dependen de la variedad de plátano. Algunas variedades de Musa son caracterizadas por una disminución del pH en la pulpa y el aumento en la acidez titulable al avanzar la edad de la fruta, mientras que en otras no existen cambios significativos en el pH y acidez titulable de la pulpa durante la maduración de la fruta. De este modo, el pH y la acidez titulable total de la pulpa no pueden ser utilizados como un indicador para la generalidad de los plátanos” (Reynoso, 2019, p. 25).

#### **2.2.4.6. Contenido de humedad y materia seca en la cáscara y en la pulpa.**

Reynoso (2019) menciona que “el contenido de humedad y materia seca en la cáscara y en la pulpa de los plátanos son atributos de calidad pos cosecha importante en la evaluación de la maduración de la fruta (p. 25). Durante la maduración de los plátanos, ocurren cambios en el contenido de humedad y de materia seca en la cáscara y en la pulpa, sin embargo, estos cambios dependen del cultivar”.

Adao y Glória (2005) encontraron que “los cambios de los carbohidratos en el proceso de maduración del plátano verde cosechado de tres cuartos de lleno, acondicionado en polietileno y almacenado por 35 días a  $16^{\circ}\text{C} \pm 1$  y 85% de humedad relativa,

determinaron que el color de la piel cambia con el tiempo, encontrando que el color amarillo ideal de la fruta para consumo se logra a los 21 días y después de 28 días comienza a aparecer manchas marrones, notándose también un aumento significativo de la proporción pulpa: cáscara” (p. 30).

### **2.2.5. Plátano tipo fruta seca**

Este tipo de procedimiento posee gran cantidad de azúcar. Razón por la que se clasifica como un producto con un alto valor alimenticio, que se asimila fácilmente. Presenta un valor energético de 318 kcal/100 g, es por ello, que 125g sería cantidad suficiente para cubrir una cuarta parte del total de las necesidades alimenticias para un niño de 10 años, considerando que posee potasio, glucósidos, proteínas de origen vegetal, hierro y magnesio y una octava parte de las necesidades de cloro, fósforo, vitamina C y zinc Travaglini et al. (1995).

Las características físicas y químicas que tiene el plátano-pasa, que se producen en diferentes condiciones de secado, se estudiaron por Caneppele, Prianti, Caneppele, Pereira y Santos (2001) obteniéndose como resultados humedad de 26%, los sólidos solubles fueron de 71,9° Brix, pH de 4,25 y la acidez de 1,24% que fue expresado en ácido málico. (Machado et al., 2005) realizaron estudios en plátano pasa por deshidratación osmótica, mediante condiciones diferentes, hallaron productos que tuvieron alta aceptación sensorial de 7 (en la escala hedónica de 9 puntos), por un tiempo de 120 días de almacenamiento.

Así mismo, se ha encontrado que el plátano deshidratado al final alcanza un pH de 4, presenta sólidos solubles de 70 a 75 °Brix, la actividad del agua es de unos 0,70 y 0,80, la humedad llega al 15% y 25%, pero esta investigación se consideró para productos que poseen humedad intermedia que ayuda a almacenar el producto por un tiempo de cuatro meses a temperatura ambiente (Sandoval et al., 2006).

El plátano tiene un punto crítico de humedad que es de 3,9 kilogramos de agua por kilogramo de sólido seco, por lo que hay división muy notoria entre la región creciente y la decreciente. En un primer momento el contenido de humedad es mayor (3,9 kg agua /kg ss), esta humedad es suficiente para saturar su superficie, en una segunda etapa se observa la fase decreciente donde el contenido de humedad es menor (3,9kg /kg ss), por lo que la condición del material será insuficiente para mantener la humedad en la superficie del plátano, gracias a la deshidratación se ve la contracción del material por la eliminación de agua en los poros y la pared celular (Sandoval, Rodríguez, Méndez, & Sánchez, 2006).

Así también Jalali, Narain, y Silva (2008) fueron investigadores que realizaron pruebas sensoriales en los plátanos, para ello utilizaron un plato codificado con tres dígitos y fue aplicado a personas no expertas en el tema, como empleados y estudiantes, de ellos 19 eran hombres y 15 eran mujeres. Para obtener los resultados se utilizó una prueba basada en diferencias, con una escala hedónica de 9 puntos en el que 9 era me gusta extremadamente y 1 me disgusta extremadamente, midiéndose los atributos de apariencia y sabor.

#### **2.2.6. Deshidratación de frutas**

La deshidratación de las frutas es una técnica que se viene aplicando desde hace muchos años atrás para la preservación de los alimentos. Ello debido a que el agua no ayuda a mantener los alimentos y deteriora la calidad y durabilidad (Greensmith, 1998). La separación total o parcial del agua en los alimentos tendrá efecto inhibitor en el crecimiento microbiano, evitando las reacciones bioquímicas que malogran los productos, así mismo, ayudara a disminuir los costos de transporte por la reducción de peso y volumen. A ello se añade el hecho de que habrá menos exigencia para los embaces y los embalajes puesto que no tendrá agua (Brod et al., 1999).

Farias (2009) menciona que el proceso de secado resulta complicado ya que es necesario que haya transferencia de calor y masa, pues habrá transporte de la humedad desde el interior hacia afuera del producto, esta se puede dar de manera líquida o en forma de vapor, dependerá del tipo de producto y del porcentaje de humedad. La deshidratación se debe realizar de manera controlada para que se realice, de manera uniforme, impidiendo que se eleven las gradientes de humedad y la temperatura al interior para impedir que se pierda la calidad. Estos efectos podrían alterar las propiedades químicas y físicas, afectando la trasmisión de calor y masa, por ello es importante tener conocimientos de sus efectos y su control

En el proceso de secado, la evaporación del agua ocurrirá en la superficie del material, que saldrá del interior del sólido. Estos mecanismos de transporte son; difusión líquida, de vapor y los flujos de líquido y de vapor. Es importante saber qué es lo que contiene el material al inicio y al final del secado, de la relación que existe entre el agua y la estructura sólida en el transporte que habrá del interior hacia la superficie posibilitando que se dé la deshidratación (Egea & Pereira, 2014).



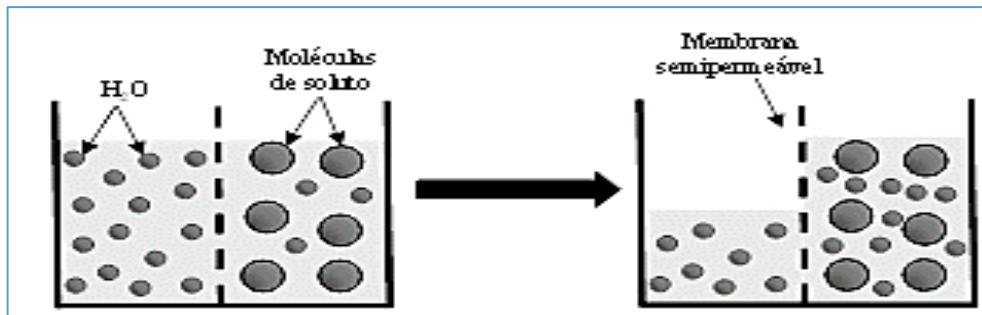
### **2.2.7. Deshidratación osmótica como pretratamiento de frutas y verduras.**

Esta operación tiene como finalidad transformar los alimentos vegetales a productos que presenten mayor valor agregado tienen una vida útil más amplia. En esta operación se eliminará el agua y se sumergirán frutas y verduras en soluciones hipertónicas que posee alta presión osmótica (Egea & Pereira, 2014).

Jalali et al. (2008) menciona que dentro de la deshidratación osmótica se encuentran productos sólidos con buena cantidad de agua, se introducen en soluciones acuosas concentradas, se refiere a soluciones de sal o azúcar, que tendrán tres tipos de transferencia de masa las que son:

- Transferencia de agua del producto a la solución.
  
- Trasmisión de soluto, de la solución al producto, existe la posibilidad de introducir la cantidad requerida de un principio activo, agentes conservantes o también solutos de interés nutricional, aquellos que ayudan a mejorar la calidad sensorial.
  
- Extracción del soluto del producto (ácidos orgánicos, azúcares, vitaminas, minerales, etc) que son de porcentajes pequeños si lo comparamos con los dos primeros tipos de transparencia, pero muy importantes para el producto resultante.

La deshidratación osmótica tiene como ventaja, ante los tradicionales procesos de secado, que puede ayudar a evitar la inhibición del oscurecimiento oxidativo y enzimático, esto se da gracias a los cortes de fruta que están bajo el agente osmótico; para mantener el color natural de la fruta se utiliza dióxido de azufre o sulfitos para la separación del agua a bajos niveles de temperatura; el agente osmótico con jarabe de azúcar permite retener mayor concentración de sabor; se eliminan la impregnación de azúcar y ácidos, por lo que el sabor del producto es más dulce que cuando se seca tradicionalmente; hay removimiento de la carga de agua con el secado convencional; menos consumo de energía, para evitar que haya cambio de fase del fruto; se incrementa la captación de sólidos acrecentando la densidad sólida, con ello se obtiene un producto de mejor calidad en el secado; y con una vida útil de almacenamiento mayor (Egea & Pereira, 2014). En la figura 3 observamos la deshidratación osmótica en un medio hipertónico.



**Figura 3.** Esquema ilustrativo de deshidratación osmótica (Barbosa, 2000).

La desigualdad de potencial químico mediante la membrana semipermeables en los productos y la solución osmótica, es la fuerza que impulsa la transferencia de materia. Geankoplis (1988) y Capparelli (2013), el potencial químico  $u_i$  se encuentra relacionado con la actividad de agua según la expresión:

$$u_i = u_i^0 + RT \ln a_w$$

donde:

$u_i^0$  : Potencial químico de referencia,

R : Constante de gases

T : Temperatura absoluta.

$A_w$  : Actividad de agua

Las transferencias de materia se dan hasta que la actividad de la solución osmótica y del producto se equiparen. Cuando haya concentración de soluto, como puede ser el azúcar, “la solución osmótica se puede estimar paralelamente en las ecuaciones de Ross y Norrish en el caso de los solutos no electrolitos” (Jalali et al., 2008).

La ecuación de Ross se puede expresar del siguiente modo:

$$A_{w_{equilibrio}} = A_{w_{fruta}} * A_{w_{azucar}}$$

donde:

$A_{w_{fruta}}$ : Es la actividad de agua de la fruta fresca

$A_{w_{azucar}}$ : Es la actividad de agua de la solución osmótica. Ambas tienen la misma molaridad y temperatura.

La cantidad de azúcar requerida para obtener un valor dado de  $A_{w_{azucar}}$  se puede evaluar a partir de las ecuaciones de Norrish.

### **2.2.8. Deshidratación osmótica y métodos combinados**

Para una deshidratación más eficiente se debe utilizar tecnologías de métodos combinados, referido a osmodeshitración y secado por aire caliente, considerando que “los procedimientos de la deshidratación osmótica para agregar aditivos alimentarios en el producto durante el tratamiento. Agregar agentes microbianos, antioxidantes y ácidos orgánicos en la solución osmótica permite no solo eliminar el agua del producto sino también añadir el aditivo alimentario al producto. Algunas veces, la deshidratación osmótica se utiliza antes del procesamiento de secado con aire caliente. En otros casos, la conservación usa la tecnología de métodos combinados y para reducir la actividad de agua utilizando ciertos agentes osmóticos y añadiendo pequeñas cantidades de agentes antimicrobianos o cambiando el pH” (Barbosa et al. 2000).

Según Hidalgo y Vargas (2009) “la cinética de la deshidratación osmótica ayuda a fijar la variación del peso, la pérdida de agua y la ganancia de los sólidos solubles de acuerdo al tiempo”. En cambio (Ferrari et al., 2010; Mastrantonio et al., 2005) menciona que la pérdida del agua origina encogimiento del producto. Si el encogimiento se da de manera lenta habrá una nueva absorción de sólidos, la cual es indeseable. Pero si esto se realiza con mayor rapidez, entonces se logra una mayor deshidratación osmótica del fruto.

La transmisión del agua por osmosis es aplicada a trozos de fruta que serán introducidos en soluciones hipertónicas, iniciando dos flujos de masa opuestas, ello debido a que las frutas contienen azúcar y solutos de solución diluidas y también presentan estructura celular superficial por lo que no se trata de una membrana perfectamente semipermeable. Con la deshidratación osmótica se tendrá salida del agua del fruto hacia la solución y el traslado del soluto de la solución para la fruta. En ella se puede ver que hay un tercer mecanismo en transmisión de masa, que es la pérdida de algunos sólidos naturales de la fruta, como son los azúcares, minerales, entre otros nutrientes, en la solución concentrada. Aunque no presenta mayor relevancia, la pérdida de soluto es importante para conservar las características sensoriales de color, sabor, aroma y textura, así como los de nutrientes vitaminas y minerales del producto (Raoult, 1994).

**Tabla 2***Usos y Ventajas de Algunos Agentes Osmóticos*

<b>Nombre</b>	<b>Usos</b>	<b>Ventajas</b>
Cloruro sódico	Carnes y verduras Soluciones superiores al 10%	Alta capacidad de depresión $a_w$
Sacarosa	Frutas principalmente	Reduce pardeamiento
Lactosa	Frutas principalmente	Sustitución parcial de sacarosa
Glicerol	Frutas y verduras	Mejora la textura
Combinación	Frutas, verduras y carnes	Características sensoriales ajustadas, combina la alta capacidad de depresión de $a_w$ de las sales con alta capacidad de eliminación de agua del azúcar

Tomado de Miranda y Otáñez (2003)

***Efecto del lactato de calcio en la deshidratación osmótica***

“La adición de sales de calcio a soluciones osmóticas se ha utilizado para reducir el daño causado a la estructura de la pared celular debido a la deshidratación” (Silva et al., 2013). Sin embargo, el uso de estas sales en soluciones osmóticas también puede aumentar la tasa de pérdida de agua, reducir la actividad del agua y aumentar el contenido de calcio de las verduras y frutas, resultando en productos fortificados (Cerklewski, 2005; Martín-Diana et al., 2007). La industria alimentaria ha sido alentado para fortificar sus alimentos con calcio para aumentar la ingesta de calcio de los consumidores, la prevención de algunas enfermedades con el uso de la suplementación (Cerklewski, 2005; Martín-Diana et al., 2007).

**2.2.9. Transferencia de masa**

En la deshidratación de alimentos encontramos la operación unitaria de transferencia de masa. Esta operación consiste en el paso de masa de una fase a otra o internamente en la misma fase, el mecanismo básico es el mismo ya sea que se trate de gases líquidos o sólidos, la velocidad con la ocurre el intercambio de masa es muy importante

en las decisiones de resultados que se tomen en un proceso de investigación “en la ciencia y la ingeniería, se ha demostrado que el componente de una mezcla migra a una misma fase o de una fase a otra, a causa de diferencias de concentración entre dos puntos” (Barbosa, 2000).

Entre los flujos más importantes de transferencia de masa se han identificado dos de mayor importancia “en la deshidratación osmótica, el primero es el movimiento de agua desde el alimento hacia el medio y el segundo, es el flujo de solutos del medio hacia el tejido alimentario” (Ochoa & Ayala, 2005). Por lo antes mencionado, se deduce que la “deshidratación osmótica es el proceso de transferencia de masa de intercambio sólido – líquido; es decir la difusión de agua está acompañada por una simultánea difusión del soluto de la solución del tejido” (Ochoa & Ayala, 2005).

“La transferencia de agua es uno de los aspectos más importantes durante la deshidratación osmótica. El mecanismo mayoritario por el que se realiza la transferencia de materia es la difusión debida al gradiente de concentración existente entre el alimento y la solución osmótica” (Barbosa, 2000).

Ochoa y Ayala (2005) mencionan que la transferencia de masa es el estudio del movimiento de masas de un lugar a otro mediante el uso de dispositivos mecánicos o naturalmente debido a la diferencia de densidad. La diferencia de densidad causa difusión masiva (transporte microscópico) penetra otra) o convección natural (transporte macroscópico) de masa. Los dispositivos (bombas, ventiladores y compresores) causan difusión y convección forzada de masa Ejemplos donde ocurre la transferencia de masa:

- procesos químicos;
- polución del aire;
- combustión;
- procesos criogénicos (bajas temperaturas) como la producción de N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> líquidos, hielo seco (CO<sub>2</sub> líquido).

Los principales modos de transferencia de energía en forma de calor son la conducción, convección y radiación. La conducción térmica se produce a través de un elemento material en el que hay un gradiente de temperatura. Representa el efecto general del transporte de energía por portadores elementales como moléculas, fonones: partícula ficticia que representa cuantos de energía vibración de un sólido, electrones, etc. (Crank, 1956).

### 2.2.10. El agua en los alimentos

“El agua es un contribuyente importante a las propiedades organolépticas de los alimentos. La pérdida de agua, en los alimentos ricos en ella, o la ganancia de agua en los alimentos en que es escasa, reduce su calidad organoléptica y por tanto su aceptabilidad. Por otra parte, la presencia de agua, a ciertas concentraciones, en los alimentos facilita su deterioro por acción de los microorganismos y las enzimas, o a través de reacciones químicas o enzimáticas. Por lo tanto, retirando agua de los alimentos o haciéndola menos disponible, se puede extender la vida útil de los mismos” (Brennan, 2008).

### 2.2.11. Contenido de agua

“El contenido en agua de un producto se puede expresar en término de peso húmedo (BH), es decir, masa de agua por unidad de masa del producto húmedo, o en términos de peso seco (BS), es decir masa de agua por unidad de masa del extracto seco. El último es el método más frecuentemente utilizado en los cálculos de secado” (Brennan, 2008).

### 2.2.12. Actividad de agua

“Al considerar la influencia del contenido en agua en la estabilidad de los alimentos, no es el contenido total en agua lo importante, sino la cantidad de agua disponible para el crecimiento microbiano y la actividad química. Existe una abundante bibliografía que pone de manifiesto que una parte del contenido en agua de los alimentos se halla fuertemente ligado a puntos específicos de los componentes sólidos y que otra cantidad adicional se halla menos firmemente ligada, pero que tampoco es fácilmente disponible como disolvente para diversos solutos” (Brennan, 2008).

“En el estudio de la disponibilidad del agua en los alimentos, se mide una propiedad fundamental, conocida como actividad de agua” (Brennan, 2008). Esta propiedad viene definida por la expresión:

$$a_w = \frac{p_v}{p_w}$$

“Donde  $P_v$  es presión de vapor de agua ejercida por la disolución, o el sólido húmedo, y  $P_w$  es la presión de agua pura, a la misma temperatura” (Brennan, 2008).

### 2.2.13. Ventajas de la deshidratación osmótica para la industria

Según Sablani et al. (2003) “el uso de la deshidratación osmótica en la industria alimentaria presenta varias ventajas”:

#### **2.2.13.1. Mejora la calidad**

Sablani et al. (2003) comenta que “Está bien comprobado que la deshidratación osmótica mejora la calidad del producto en lo referente al color, sabor, aroma y textura”, el mismo autor “realizó una revisión bibliográfica de las ventajas de la deshidratación osmótica, en cuanto a mejora de la calidad del producto y a la eficiencia del proceso”.

#### **2.2.13.2. Eficiencia energética**

“La deshidratación osmótica es un proceso con unos requerimientos energéticos menores que el secado por aire o por vacío, ya que se puede realizar a bajas temperaturas” (Sablani et al., 2003). Lewicki y Lenart (1992) mencionan que “el consumo de energía durante la deshidratación osmótica a 40 grados centígrados con reconcentración posterior del jarabe por evaporación, era al menos dos veces más bajo que en el secado por convección de aire a 70 grados centígrados”.

#### **2.2.13.3. Menores costes de envasado y distribución**

“Una concentración de frutas y hortalizas, antes de su congelación, ahorra costes de envasado y distribución. La calidad del producto final es comparable a la de los procesados convencionalmente. Este proceso se denomina Deshidrocongelación” (Sablani et al., 2003).

#### **2.2.13.4. Sirve como tratamiento químico**

“Los tratamientos químicos para reducir el pardeamiento enzimático pueden evitarse usando un agente osmótico. El azúcar ayuda con la inhibición efectiva de la polifenoloxidasa, enzima que cataliza el pardeamiento oxidativo de la mayoría de frutas cuando se cortan y ve la prevención de la pérdida de sabores y aromas volátiles durante el posterior tratamiento del secado por aire o al vacío” (Sablani et al., 2003).

#### **2.2.13.5. Estabilidad del producto mediante el almacenamiento**

“Los productos obtenidos por deshidratación osmótica son más estables durante el almacenamiento que los alimentos no tratados por este método. Esto se debe a que presentan una menor actividad de agua, provocada por la ganancia del soluto y la pérdida del agua” (Sablani et al., 2003).

#### **2.2.14. Color en los procesos de deshidratación**

Baini y Langrish (2009) mencionan que el color es uno de los atributos de calidad que influye en las percepciones de los clientes sobre un producto, y para la fruta, que se conserva mediante el secado, el color de la fruta también cambia debido al proceso de secado. El color de los frutos secos cambia debido a la formación de dorado, que a

menudo se ha asociado con la reacción de Maillard, esta reacción fue descrita por primera vez por Louis Maillard en 1912 (Maillard, 1912) y puede describirse utilizando el esquema de reacción de Hodge (Hodge, 1953). La reacción de Maillard a menudo es responsable del cambio de color y el desarrollo del color, particularmente en frutas no tratadas.

Krokida, Tsami, y Maroulis (1998) evaluaron el desarrollo del color en manzanas y plátanos secos. En su trabajo, se encontró que los cambios en el enrojecimiento de las muestras de plátano secadas a 90 °C eran aproximadamente un 80% más altas que las secadas a 50 °C. También secaron las muestras a 70 °C para un rango de humedades relativas del 15% al 40%, y se descubrió que los cambios en el enrojecimiento de las muestras secadas a una humedad relativa del 15% eran 67% más altas que las secadas a una humedad relativa del 40%.

#### **2.2.14.1. Mediciones de la formación del dorado.**

La formación de dorado en los alimentos secos se puede medir utilizando espectrofotometría o un medidor de color. La formación del dorado en los alimentos secos medidos con un medidor de color generalmente se ha expresado con los parámetros de color Hunter, en términos de luminosidad, "L", enrojecimiento, "a" y amarillez, "b". El parámetro "L" mide la luminosidad de la muestra de (L = 0) negro a (L = 100) blanco. Los parámetros "a" y "b" se miden a partir de -60 a +60. Para "a", el grado de medición es de verde a rojo, mientras que "b" es de azul a amarillo. La cantidad total de color el cambio, como se describe en (1), también se usa a menudo para comparar el cambio de color en el secado de frutas (Chua et al., 2002; Maskan, 2000).

$$E_b = \sqrt{(L_0 - L)^2 + (a_0 - a)^2 + (b_0 - b)^2} \quad (1)$$

### **2.3. Definición de términos básicos**

#### **2.3.1. Plátano (*Musa paradisiaca*)**

La altura de una planta de plátano mide de 2 a 5 metros y con las hojas y todo puede alcanzar hasta los 8 metros. Sus frutos se parecen a bayas, pero no contienen semillas, éstas son de forma cilíndrica y están distribuidos en manojos de 30 a 70 plátanos, cada uno de estos tendrá de 20 a 40 cm de largo con un diámetro de 4 a 7 cm (Zapata & Castro, 1999).



### **2.3.2. Deshidratación osmótica**

“Es un método que se utiliza en la conservación de alimentos, en el cual se introduce un producto en una solución que contiene alta presión osmótica, formando un gradiente químico potencial entre el agua que contiene el mismo alimento y el agua de la solución. El efecto que produce sobre el alimento es la pérdida del agua” (Bouzayen et al., 2010).

### **2.3.3. Madurez de consumo de las frutas**

Es la primera fase de la muerte celular programado en una fruta (Bouzayen, Latché, Nath, & Pech, 2010). Durante la senescencia la síntesis de carbohidratos cesa y tiene lugar la degradación.

### **2.3.4. Frutos climatéricos**

Se llama así a los que continúan con su maduración aun después de haber sido cosechadas, cuando se cortan en la etapa climatérica, en productos como la manzana (*Malus domestica*), tomate (*Solanum lycopersicum*), plátano (*Musa spp.*) se malogran muy rápidamente (Romero et al., 2016).

### **2.3.5. Fruta seca**

Gracias a sus propiedades, la fruta deshidratada o seca se convierte en una muy buena opción como snack, ya que cuando son sometidas al proceso de secado tienen concentración de hidratos de carbono, sales minerales y proteínas, así mismo son buena fuente de sodio, calcio, potasio, hierro, fósforo y magnesio (PepsiCo, 2017).

### **2.3.6. Lactato de calcio**

El lactato de calcio se conoce como calcio-L-2-hidroxi-propionato. El peso molecular del lactato de calcio es 218.22 (anhidro), 308.29 (pentahidrato). Fórmula molecular:  $\text{Ca}(\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3)_2$  (anhidro);  $\text{Ca}(\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3)_2 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$  (pentahidrato).

El efecto técnico previsto del uso propuesto de lactato de calcio en la fabricación de bocadillos de papa y vegetales y galletas endulzadas es para reducir la formación de acrilamida. El nivel de uso propuesto es de hasta 4% de lactato de calcio. Basado en especificaciones, ensayo de calcio para lactato de calcio (pentahidrato) está en el rango de 13,4-14,5%. A los efectos de la ingesta evaluación, se supone el nivel máximo de calcio en lactato de calcio del 14,5%. Por lo tanto, la evaluación de la ingesta proporcionada en este documento supone la cantidad máxima de calcio que se agrega a producto final es 5,8 mg de calcio / g de alimento (PepsiCo, 2017).

### **2.3.7. Solución osmótica**

La finalidad del proceso de ósmosis es la expulsión del agua de una solución diluida hacia una solución con mayor solución concentrada cuando se encuentran separadas por una membrana semipermeable. El agua que se encuentran en las soluciones más diluidas son transportadas a través de las membranas hacia la solución más concentradas hasta alcanzar el equilibrio. De esta manera el soluto no tendrá la capacidad de moverse a través de la membrana en sentido inverso, o se realiza de forma muy lenta, de esta manera el resultado final es la transmisión del agua hacia la solución concentrada (Raoult, 1994).

### **2.3.8. Sacarosa**

Es un soluto muy utilizado, gracias a que es muy efectivo, conveniente y de gran sabor. La tasa de eliminación de agua es rápida al principio, ya que su propio sistema equilibra la concentración del soluto afuera como adentro de la membrana celular, como resultado de este intercambio, el jarabe tendrá un sabor marcado a fruta fresca y se podría usar como jarabe de mesa o enlatado (Hernández & Vit, 2009).

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. **Ámbito de la investigación**

Las actividades de la investigación se realizaron en los Laboratorios de Investigación de Química y Análisis de los Alimentos de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de San Martín, Ciudad Universitaria, Morales, Provincia y Región San Martín.

#### 3.2. **Sistema de variables**

X: Variable independiente: Concentración de sacarosa, lactato de calcio, etapa de madurez del plátano.

Y: Variable dependiente: Ganancia de soluto, pérdida de agua y peso, pérdida de color, textura.

#### 3.3. **Procedimientos de la investigación**

##### 3.3.1. **Objetivo específico<sup>1</sup>**

**Tabla 3**

*Descripción de variables por objetivo específico*

---

**Objetivo específico Nº 1:** evaluar la influencia de la concentración de la solución osmótica (50, 55 y 60°Brix) en la ganancia de solutos, pérdida de agua y peso, pérdida de color, textura; en la deshidratación osmótica de plátano

---

Variable abstracta	Variable concreta	Medio de registro	Unidad de medida
Concentración de la solución osmótica.	Cantidad de sólidos en la solución osmótica. (Miranda & Otáñez, 2003).	de La determinación de sólidos solubles se realiza por refractometría (°Brix).	°Brix o % de sólidos en 100 gramos.

---

### 3.3.2. Objetivo específico 2

**Objetivo específico № 2:** evaluar la influencia de la concentración de lactato de calcio (1 y 2g/100gramos de solución osmótica) en la ganancia de soluto, pérdida de agua y peso, pérdida de color, textura; en la deshidratación osmótica de plátano

Variable abstracta	Variable concreta	Medio de registro	Unidad de medida
Concentración de lactato de calcio.	Es la cantidad de lactato considerado en porcentaje que se agrega a un producto (PepsiCo, 2017).	La concentración de calcio se determina por espectrómetro de absorción atómica (AOAC 1995).	Contenido de lactato en g/100gramos de producto final.

### 3.3.3. Objetivo específico 3

**Objetivo específico № 3:** evaluar las características sensoriales del producto osmóticamente deshidratado y seco.

Variable abstracta	Variable concreta	Medio de registro	Unidad de medida
Características sensoriales.	Evaluación sensorial de color, sabor, textura y apariencia general con panelistas semientrenados y atributos de color y textura mediante colorímetro y texturómetro.	Escala edónica de 7 puntos y Equipo Minolta Lab y texturómetro marca Brookfield, modelo CT3.	Color: L* a* b* Textura: Pico más alto (N) Deformación (mm) Trabajo (mJ) Carga final (N).

### 3.4. Tipo y nivel de la investigación

La investigación es de tipo básico y nivel aplicativo. La investigación se realizó utilizando plátanos (*Musa paradisiaca*) en estado maduro, descrito por (Limaymanta et al., 2015)

los cuales fueron cortados en rodajas de 1 centímetro de espesor que fueron deshidratados en soluciones osmóticas de 50, 55 y 60°Brix con 0, 1 y 2% de lactato de calcio.

El diseño de la investigación es experimental, porque las muestras de plátano fueron sometidas a diferentes tratamientos.

### **Diseño analítico, muestral y experimental**

#### **Población.**

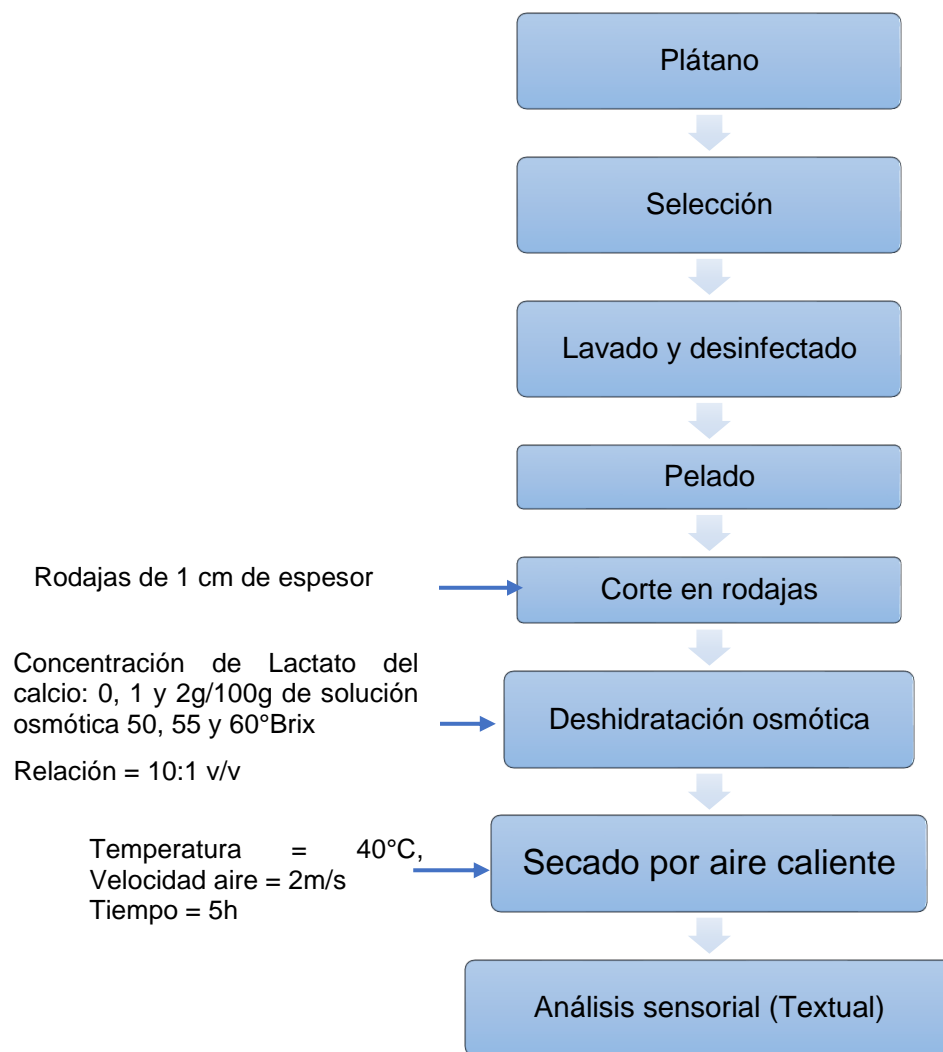
La población considerada para esta investigación son plátanos (*Musa paradisiaca*) producido en la provincia de San Martín.

#### **Muestra.**

Para realizar los tratamientos necesarios de la investigación se utilizó 27 unidades de plátano en estado maduro, considerando 3 plátanos por cada tratamiento.

#### **Diseño experimental.**

En la Figura 1: Se presenta el flujograma de operaciones para el proceso de deshidratación osmótica del plátano.



**Figura 4.** Diagrama de flujo para la obtención de fruta deshidratada.

#### – Selección de la materia prima

Los plátanos fueron seleccionados como parte de la materia prima, los plátanos maduros con un promedio de pH de 3,36; 14,5°Brix y 0,584% de acidez como ácido cítrico (Julca & Vásquez, 2018) considerado como etapa de madurez 6 por Escalante et al. (2013).

#### – Lavado

Después de la selección los plátanos fueron lavados usando hipoclorito de sodio (150 mg/l) para eliminar todas las impurezas y contaminantes que estuvieron adheridas a la fruta.

- **Eliminación de la cáscara**

Con ayuda de un cuchillo se retiró la cáscara de los plátanos y luego se colocó en una bandeja de acero inoxidable, protegiéndole del contacto con moscas o polvo hasta la siguiente operación.

- **Corte en forma de rodajas**

Utilizando un cuchillo de acero inoxidable se realizó cortes en rodajas de 1 cm de espesor.

- **Preparación de las soluciones osmóticas**

La solución osmótica de sacarosa utilizada fue de 50, 55 y 60% p/p azúcar/agua y la relación jarabe fruta de 10:1 a temperatura ambiente según lo recomendado por Silva et al. (2014) el lactato de calcio añadido a la solución osmótica fue 0, 1 y 2g/100g. La solución fue preparada por dilución de la cantidad requerida de sacarosa en agua a temperatura ambiente.

- **Deshidratación osmótica**

Las unidades experimentales fueron constituidas por rodajas de 1 cm de espesor de plátano maduro, pesadas en una balanza analítica (precisión  $\pm 0,0001$ ) y fueron sumergidas en una solución hipertónica de acuerdo a los tratamientos, cada una de las muestras fueron retiradas en tiempos crecientes (cada 15 minutos hasta completar la segunda hora, después cada 30 minutos hasta completar las 4 horas, luego se midió cada hora hasta que alcance el equilibrio). Cumplido el tiempo nuevamente fueron pesadas y se tomaron muestras para la determinación de la humedad, ganancia de solutos, pérdida de agua, color, textura.

Una vez alcanzado el equilibrio, se determinó la cinética de pérdida de agua y ganancia de solutos, para determinar los coeficientes de difusión.

## **Métodos de análisis de controles en la materia prima**

Los controles realizados en el producto terminado fue el análisis químico proximal.

- **Determinación de humedad**

Se determinó por el método de estufa a presión atmosférica a 105°C, hasta obtener un peso constante (AOAC., 2005).

- **Determinación de fibra**

Se determinó por el método de extracción con éter, según método 962.09(AOAC., 2005).

– **Determinación de Cenizas Totales**

Método de calcinación en mufla a temperaturas entre 500 y 600°C, “en este método toda la materia orgánica se volatilizó, se oxidó en presencia de flama que va desde los 500°C a 600°C, el material inorgánico que no se volatilizara a esta temperatura se conoce como ceniza” (Clarke, 1992).

– **Determinación de carbohidratos**

Se determinó por diferencia restándose de 100 la sumatoria de los porcentajes de humedad, fibra y ceniza.

– **Determinación de lactato de calcio**

La determinación del calcio en el producto terminado se realizó por el método oficial del AOAC 985.35 para “cuantificar el contenido de calcio en alimentos utiliza la técnica de espectrometría de absorción atómica con llama” (Miranda & Otanez, 2003).

– **Determinación de sólidos solubles (SS)**

“La ganancia de sólidos solubles (°Brix) se determinó mediante el método de refractometría” (AOAC 2005).

– **Determinación del cambio de color**

Se realizó utilizando los parámetros “a” y “b” y para medir la cantidad total de color el cambio se utilizó la ecuación  $E_b$  como se describe en (1), usado a menudo para comparar el cambio de color en el secado de frutas (Chua et al., 2002; Maskan, 2000).

$$E_b = \sqrt{(L_0 - L)^2 + (a_0 - a)^2 + (b_0 - b)^2}$$

– **Determinación de la textura.**

La determinación de textura de cada muestra se realizó luego del tratamiento con las soluciones osmóticas a partir de ensayos mecánicos de corte, para ello se utilizó un analizador de textura marca Brookfield, modelo CT3, así mismo se utilizó el programa de computador Texture Exponent. En cada análisis se evaluó la fuerza máxima requerida para penetrar las rodajas osmodeshidratadas.

– **Determinación de actividad de agua**

La determinación de actividad de agua se realizó en sistema *LabTouch-aw*, el equipo tiene un rango de medida recomendado: 0,03-0,9 con pantalla de color



táctil. Para determinar la  $A_w$  se colocaba la muestra en los depósitos del equipo y se introducía en la cámara, observando los resultados en la pantalla del equipo.

### Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos

Con el fin de estudiar el efecto del lactato de calcio (0, 1 y 2%) y la concentración de la solución osmótica (50, 55 y 60°Brix) se utilizó un Diseño Completo al Azar (DCA) con arreglo factorial de 3x3 con 4 puntos centrales, haciendo un total de 13 tratamientos. Siendo las variables respuesta (dependiente): Pérdida de peso, ganancia de solutos (°Brix), la humedad, la actividad de agua y la aceptación de la textura. Los datos fueron analizados mediante análisis de varianza a un nivel de significancia del 5% y de haber diferencia estadísticamente. Para esto se utilizará el paquete estadístico STATISTICA.

Los 13 tratamientos se muestran en la tabla 4 y se hicieron por triplicado.

Donde:

L1 = 0% de lactato de calcio, L2 = 1% de lactato de calcio, L3 = 2% de lactato de calcio

C1 = 50°Brix, C2 = 55°Brix, C3 = 60°Brix

**Tabla 4**

*Tratamientos de la investigación*

Tratamiento	Brix	Lactato de calcio
1	C1	L1
2	C1	L3
3	C3	L1
4	C3	L3
5	C1	L2
6	C3	L2
7	C2	L1
8	C2	L3
9	C2	L2
10	C2	L2
11	C2	L2
12	C2	L2
13	C2	L2

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 1.1. Resultados

##### Caracterización de la materia prima

**Tabla 5**

*Características del plátano en diferentes estados de madurez*

<b>Características</b>	<b>Pintón maduro</b>	<b>Maduro</b>	<b>Sobre maduro</b>
Peso con cáscara	248,6 g	203,3 g	174,2 g
Peso sin cáscara	160,6 g	130,6 g	129,0 g
Largo	17,8 cm	17 cm	15,8 cm
Diámetro	3,4 cm	3,3 cm	3,2 cm
pH	4,1	4,2	4,3
°Brix	25	30	35

En la tabla 5 se observa las características del plátano en estado fresco a diferentes estados de madurez. La muestra con la que se realizó la investigación fue el plátano maduro, por observar mejores resultados en análisis preliminares.

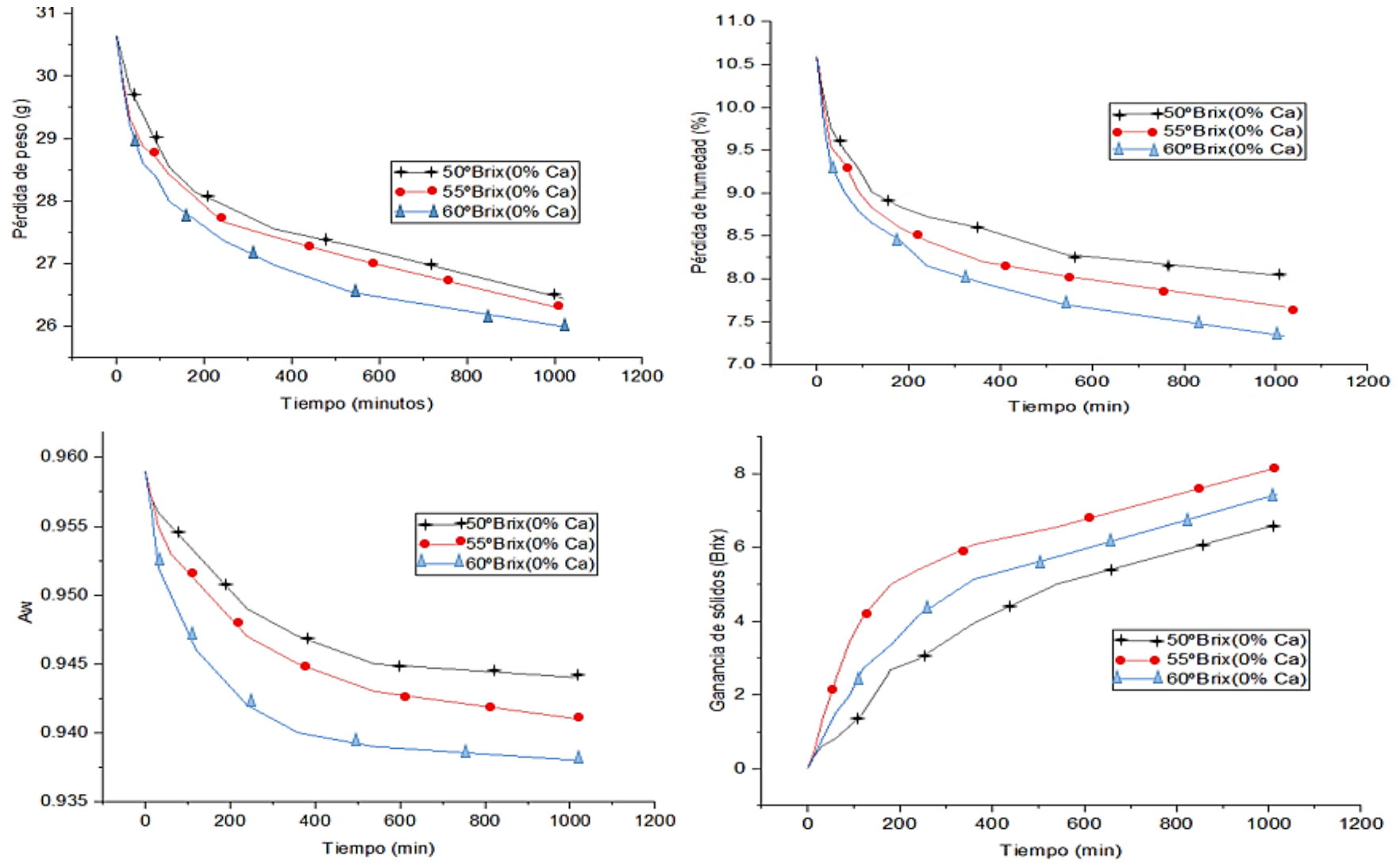
## 4.2. Objetivo específico 1

En la tabla 6 se muestra la influencia de las soluciones osmóticas a diferentes grados Brix.

**Tabla 6**

*Influencia de la concentración de la solución osmótica*

tiempo	Pérdida de peso (g)			Pérdida de humedad (g)			Aw			Ganancia de sólidos		
	50°Brix	55°Brix	60°Brix	50°Brix	55°Brix	60°Brix	50°Brix	55°Brix	60°Brix	50°Brix	55°Brix	60°Brix
0	30.6489	30.5958	30.6377	10.5877	10.5927	10.5802	0.959	0.959	0.959	0.00	0.00	0.00
15	30.2254	29.9033	29.8203	10.1165	9.9872	9.8139	0.957	0.957	0.956	0.36	0.52	0.38
30	29.8027	29.3242	29.2142	9.7541	9.5362	9.3265	0.956	0.955	0.952	0.61	1.27	0.77
60	29.3806	28.8746	28.6037	9.4964	9.3437	9.0114	0.955	0.953	0.95	0.81	2.40	1.50
90	28.9479	28.6926	28.3902	9.2914	9.0189	8.7915	0.954	0.952	0.948	1.15	3.42	1.98
120	28.5434	28.4214	27.9962	9.0094	8.8253	8.6509	0.953	0.951	0.946	1.51	4.13	2.72
180	28.1377	28.0570	27.6988	8.8410	8.5969	8.4509	0.951	0.949	0.944	2.69	5.00	3.35
240	27.9542	27.6742	27.3854	8.7239	8.4397	8.1502	0.949	0.947	0.942	2.97	5.40	4.15
360	27.5526	27.4247	26.9750	8.5883	8.2008	7.9507	0.947	0.945	0.94	3.94	6.08	5.13
540	27.3808	27.0818	26.5338	8.2866	8.0317	7.6991	0.945	0.943	0.939	5.01	6.55	5.75
1020	26.9439	26.2745	25.9924	8.0306	7.6714	7.3332	0.944	0.941	0.938	6.63	8.17	7.45



**Figura 5.** Pérdida de peso, pérdida de humedad, Aw y ganancia de sólido

En la tabla 6 y figura 5 se observa que existe pérdida de peso de 15,16% (4,65 g) resultando mayor que las muestras sumergidas a 55 y 50°Brix con pérdidas de 14,12% (4,32 g) y 12,09% (3,71 g) respectivamente. La pérdida de humedad a 60°Brix fue de 30,69% respecto a la humedad inicial (10,5802%) y las pérdidas a 55 y 50°Brix fueron de 27,58 y 24,15%, respectivamente. Con  $p - valor > 0,05$  al 95% de confianza se determinó que no existe diferencia estadísticamente significativa entre las concentraciones de la solución osmótica (anexo A y B).

Los resultados son similares a los reportados por Julca y Vásquez (2018) quienes encontraron que la mayor pérdida de peso fue a 65°Bx con 43,69% de pérdida de peso. Núñez (2018) encontró que la pérdida de humedad de yacón sumergido a 20 °Brix de sacarosa la humedad “disminuye 12% y sumergido una concentración de 40 °Brix de sacarosa la humedad disminuye aproximadamente 20%. Con una temperatura de 30°C el porcentaje de humedad es aproximadamente 20 %, mientras que a 50 °C es 28 %”. García et al. (2018) encontró en *Ananas comosus* osmodeshidratado la pérdida de humedad fue de 15,23% de muestra sumergidas a 70°Brix por 48 horas en una solución de sacarosa.

Las muestras de plátano maduro en solución de sacarosa a 60°Brix presento la menor actividad de agua con un valor de 0,938 respecto a las muestras sumergidas a 55 y 50°Brix con el mismo periodo en las que la actividad de agua fue de 0,941 y 0,944, respectivamente. Estos resultados se deben a que al haber mayor concentración de sólidos a 60 °Brix se eliminó mayor cantidad de agua libre disminuyendo de manera considerable la actividad de agua en la muestra. Al respecto Quiñones (2019) “encontró que la influencia de la actividad de agua del producto en el proceso se hicieron pruebas con 0,68, 0,71 y 0,74, las muestras fueron confitadas a 40°Brix por 4 horas a 45°C y secadas a 60°C en un secador de bandejas. La evaluación sensorial califico como mejor a las muestras secadas con actividad de agua de 0,71”. Con  $p - valor > 0,05$  al 95% de confianza se determinó que no existe diferencia estadísticamente significativa entre las conctraciones de la solución osmótica (anexo C).

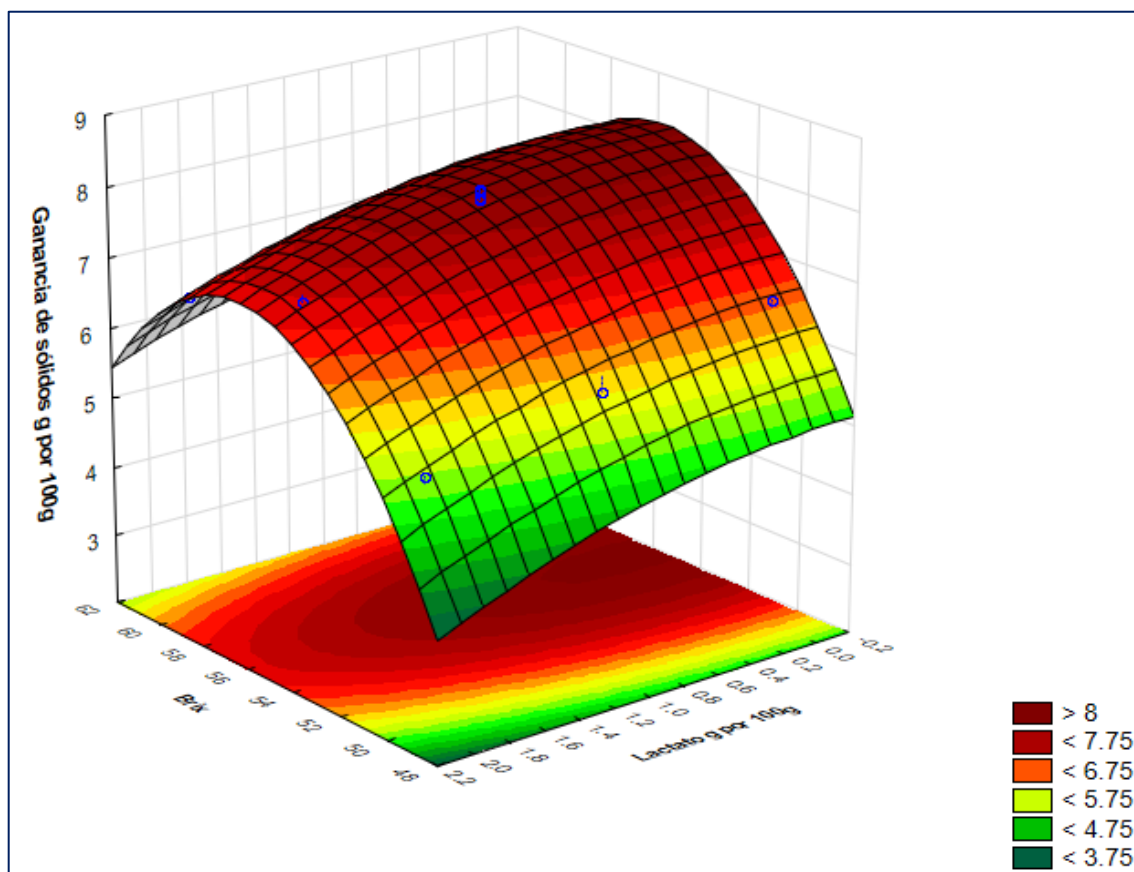
Respecto a la ganancia de solutos (8,17 °Brix) en las muestras sometidas a 55°Brix respecto a las muestras sumergidas en solución de sacarosa a 50 y 60°Brix (6,63 y 7,45 °Brix). La ganancia de sólidos es debido a que ingresa sólido de la solución osmótica hacia las células de la fruta y de esta sale agua dejando espacios libres que son llenados por sólidos de la solución. Con  $p - valor > 0,05$  al 95% de confianza se determinó que no existe diferencia estadísticamente significativa entre las conctraciones de la solución osmótica (anexo D). Al respecto Núñez (2018) encontró que “en yacón (*Smallanthus sonchifolius*) sumergido a una solución osmótica de 40°Brix, aplicando temperatura de

50°C y presión de pulsos de vacío de 248.22 mbar, encontró que la ganancia de sólidos fue de 24,44 °Brix”. Julca y Vásquez (2018) encontraron que la mayor ganancia de sólidos fue de 8,63% con un tratamiento de 45°Brix. Quiñones (2019) encontró que la máxima absorción de sólidos solubles en la manzana fue una ganancia de 19,5°Brix, 24,1°Brix y 29,1°Brix para muestras sumergidas a 30°Brix, 40°Brix y 50°Brix, respectivamente, con un tiempo final de 4 horas.

#### 4.3. Objetivo específico 2.

**Evaluar la influencia de la concentración de lactato de calcio (0, 1 y 2 g/100 gramos de solución osmótica) en la deshidratación osmótica de plátano.**

En la figura 6 se muestra los resultados del porcentaje de ganancia de sólidos solubles en muestras osmodeshidratadas a diferentes concentraciones de sólidos solubles (50, 55 60°Brix) y con lactato de calcio de 0, 1 y 2 g/100 gramos en solución osmótica.

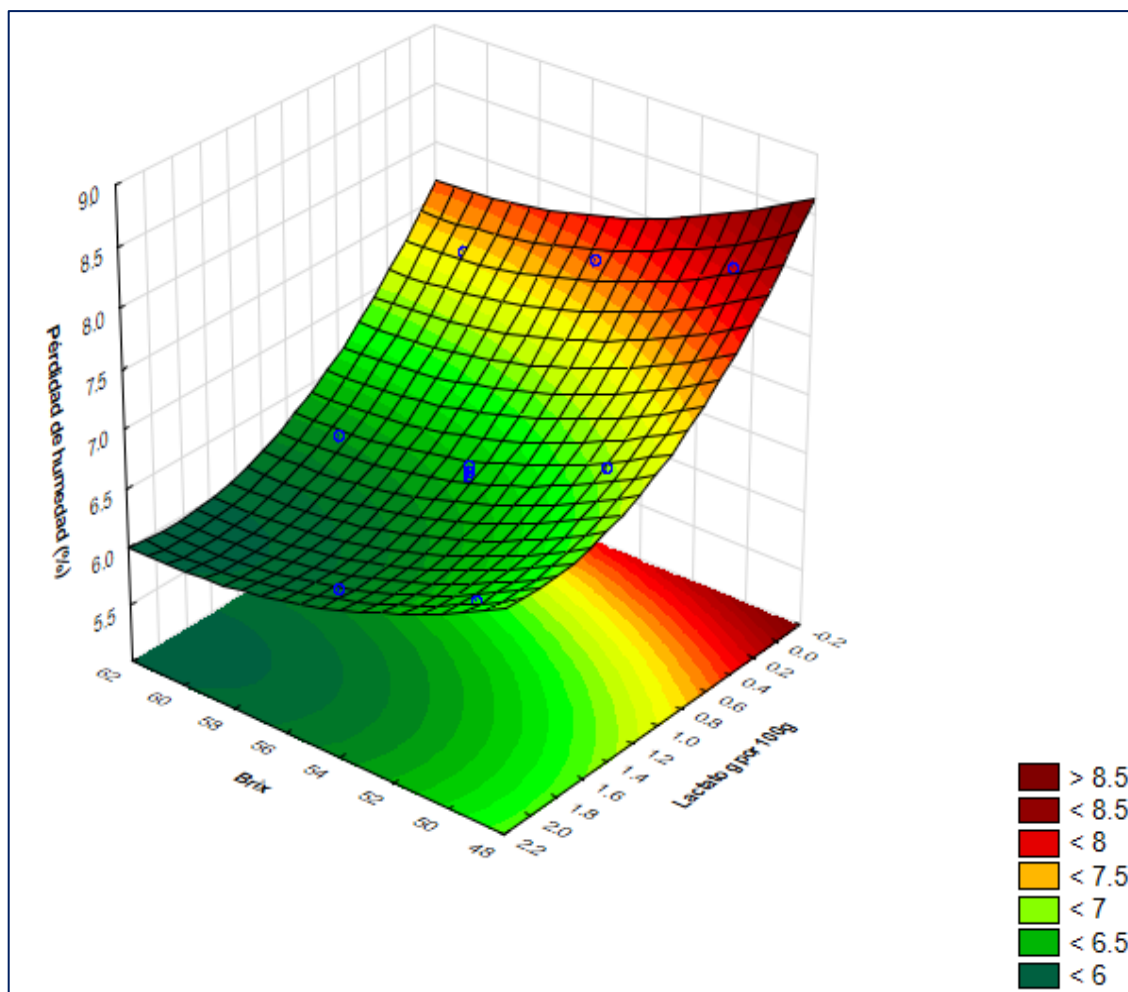


**Figura 6.** Influencia del lactato de calcio en la ganancia de sólidos

En la figura 6 se observa que, a los 1020 minutos de sumergir las muestras de plátano maduro en solución de sacarosa con 55°Brix a 1% de lactato de calcio presentan mayor

ganancia de solutos con valores de 7,99 y 7,18% respecto a las muestras sumergidas a 50 y 60°Brix con 2% de lactato de calcio, respectivamente. Con  $p - valor < 0,05$  al 95% de confianza se determinó que existe diferencia estadísticamente significativa entre la contracción de °Brix de la solución osmótica y las concentraciones de lactato de calcio a 0,1 y 2% para ganancia de solutos. Al respecto Silva et al. (2014) mencionan que la adición de calcio a la solución osmótica reduce el contenido de agua del producto y la velocidad de incorporación de soluto, inhibiendo la impregnación de sacarosa y aumentando la eficiencia del proceso. Los investigadores encontraron que la adición de lactato de calcio al 4% a la solución aumentó todas las difusividades en comparación con la adición de 2% pero no en relación con tratamientos sin calcio agregado.

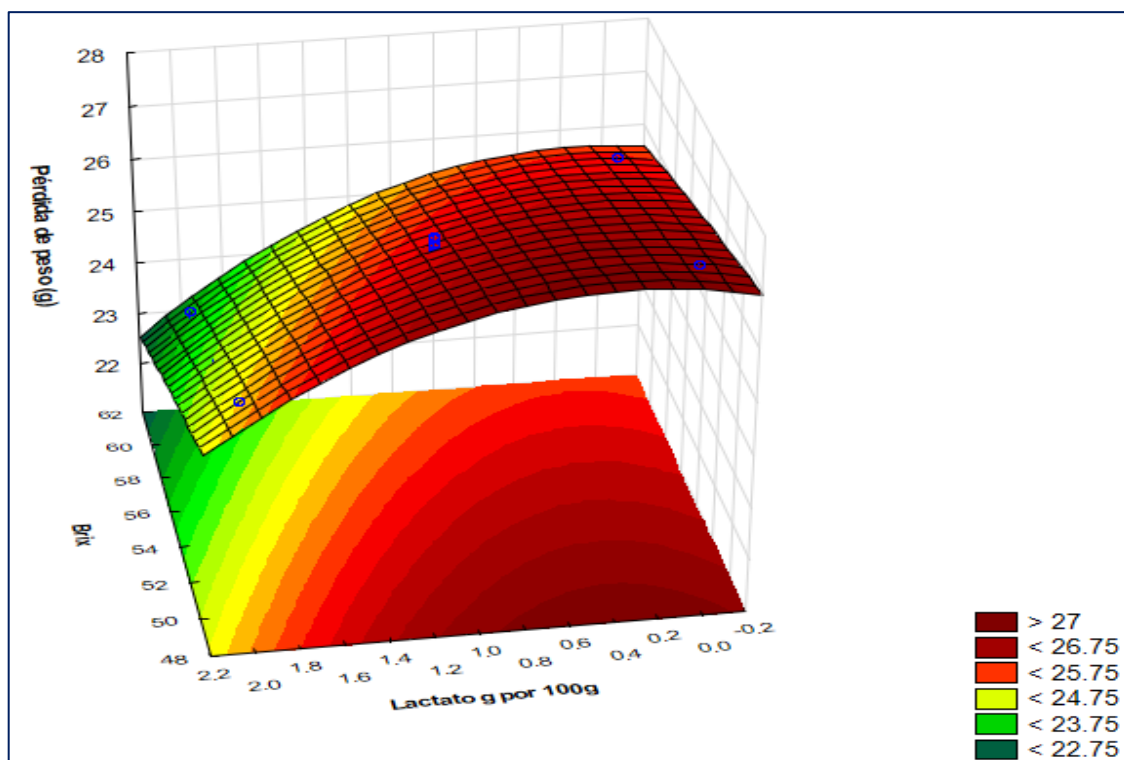
En la figura 7 se muestran los resultados del porcentaje de pérdida de humedad en muestras osmódeshidratadas a diferentes concentraciones de sólidos solubles (50, 55 60°Brix) y concentración de lactato de calcio a 0, 1 y 2%.



**Figura 7.** Influencia del lactato de calcio en la pérdida de humedad

En la figura 7 se observa que en el periodo de tiempo de 0 hasta los 1020 minutos de sumergir las muestras de plátano maduro en solución de sacarosa a 60, 55 y 50°Brix con 2% de lactato de calcio presentan mayor pérdida de humedad con valores de 44,42; 42,13 y 38,59% respecto al porcentaje de humedad inicial; en las muestras sumergidas a 60, 55 y 50°Brix con 1% de lactato de calcio las pérdidas de humedad fueron de 39,25; 38,76 y 33,77% respectivamente. Con  $p - valor < 0,05$  al 95% de confianza se determinó que existe diferencia estadísticamente significativa (anexo 2) entre la contracción de °Brix de la solución osmótica y las concentraciones de lactato de calcio para porcentaje de pérdida de agua al 0, 1 y 2% de Ca. Barrera et al. (2009) encontraron que la deshidratación osmótica de rodajas de manzana (var. Granny Smith) con una solución de sacarosa 55 °Brix, se observó que tanto la pérdida de agua como la ganancia de sólidos solubles se vieron afectadas por la cantidad de calcio incorporado a su estructura porosa por medio de la impregnación al vacío, la temperatura de procesamiento y la adición de 1% de lactato de calcio a la solución osmótica.

En la figura 8 se muestra los resultados de pérdida de peso en muestras osmodeshidratadas a concentraciones de sólidos solubles de 50, 55 60°Brix y concentraciones de lactato de calcio de 0, 1 y 2% g/100 gramos de solución osmótica.



**Figura 8.** Influencia del lactato de calcio en la pérdida de peso

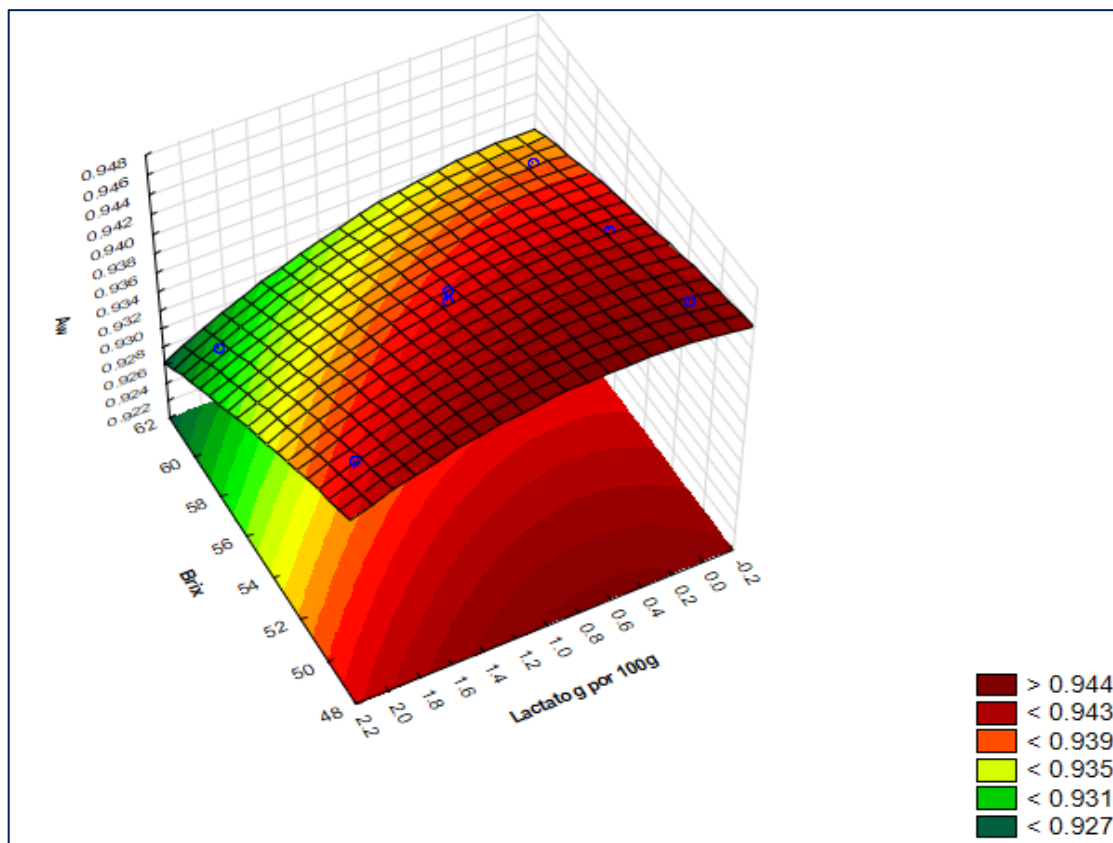
En la figura 8 se observa que en el periodo de tiempo de 0 hasta los 1020 minutos de sumergir las muestras de plátano maduro en solución de sacarosa a 60, 55 y 50°Brix



con 2% de lactato de calcio presentan mayor pérdida de peso con valores de 22,31% (6,78 g), 20,97% (6,38 g) y 17,46% (5,31 g) respecto a las muestras sumergidas a 60, 55 y 50°Brix con 1% de lactato de calcio que presentó pérdidas de peso de 17,45% (5,31 g), 14,47% (4,40g) y 12,74% (3,88 g) respectivamente. Con  $p - valor < 0,05$  al 95% de confianza se determinó que existe diferencia estadísticamente significativa (anexo 3) entre los tratamientos para pérdida de peso al 0, 1 y 2%Ca.

Silva et al. (2014) encontraron el incremento de la pérdida de peso con el tiempo durante el proceso de deshidratación osmótica, alcanzando una reducción del 24% al 40% de la masa inicial después de 6 h de deshidratación osmótica. Una comparación de las pérdidas de masa de muestras deshidratadas en soluciones con y sin calcio, a la misma concentración de sacarosa, muestra que la adición de lactato de calcio al 4% aumentó significativamente la pérdida de agua de la piña en todos los tiempos de procesamiento. Sin embargo, las muestras tratadas con lactato cálcico al 2% mostraron un comportamiento diverso hasta las 2 y 4 h de deshidratación, para las soluciones de sacarosa al 40% y 50%, respectivamente.

En la Figura 9 se muestran los resultados para actividad de agua en muestras osmodeshidratadas a diferentes concentraciones de sólidos solubles (50, 55 60°Brix) con concentración de lactato de calcio de 0, 1 y 2 g/100 gramos de solución osmótica.



**Figura 9.** Influencia del lactato de calcio en la actividad de agua

En la figura se muestran los resultados para actividad de agua en muestras osmódeshidratadas a diferentes concentraciones de sólidos solubles (50, 55 60°Brix), en solución de sacarosa a 60, 55 y 50°Brix con 2% de lactato de calcio presentó menor actividad de agua con valores de 0,931; 0,934 y 0,941 respecto a las muestras sumergidas a 60, 55 y 50°Brix con 1% de lactato de calcio, respectivamente. Con  $p - \text{valor} < 0,05$  al 95% de confianza se determinó que existe diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos para actividad de agua al 0, 1 y 2% de Ca.

Silva et al. (2014) encontraron que la deshidratación osmótica redujo significativamente la actividad de agua de la piña en los seis tratamientos realizados, en comparación con la piña cruda. El gradiente de concentración entre las muestras frescas y la solución aumentó con el aumento de la concentración de soluto en la solución, favoreciendo una caída más rápida de la actividad del agua de las muestras. La adición de calcio a la solución osmótica no cambió significativamente la actividad del agua de las muestras de piña, aunque se pudo observar una tendencia a reducir la  $a_w$  cuando la concentración de lactato de calcio era del 4%.

En la tabla 7 se muestran los resultados del análisis de absorción de calcio en las muestras de plátano osmo deshidratación.

**Tabla 7**

*Análisis de calcio para muestras de plátano con deshidratación osmótica*

Parámetro medido	60°Brix (2% Ca)	55°Brix (2% Ca)	50°Brix (2% Ca)	55°Brix (1% Ca)
	835.5 mg/kg	821 mg/kg	678 mg/kg	612.35 mg/kg
Cantidad de calcio por muestra	835.5 ppm	821ppm	678 ppm	612.35ppm
	0.0835%	0.0821%	0.0678%	0.0612%
	83.55 mg/100kg	82.1 mg/100kg	67.8mg/100kg	61.235 mg/100kg

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos, aguas y foliares – UNSM (2021)

En la tabla 7 se observa que la muestra de plátano deshidratado con 60°Brix y 2% de calcio, obtuvo el mayor porcentaje de absorción con 0,0835 (83.55 mg/100kg) seguida de las muestras deshidratadas a 55 y 50°Brix con porcentajes de 0.0821% (82.1 mg/100kg) y 0,0678% (67.8mg/100kg); respectivamente. Los resultados demuestran que a mayor concentración de sólidos solubles hay mayor ingreso de calcio. Resultados similares reportó Silva et al. (2014) al deshidratar rodajas de piña utilizando 40% y 50% de soluciones de sacarosa con 0%, 2% o 4% de lactato de calcio agregado durante 1,

2, 4 y 6 h de tiempo de procesamiento, encontrando que la ganancia en calcio fue mayor en muestras sometidas a soluciones con mayores concentraciones de sacarosa y lactato de calcio. Los mayores contenidos de calcio (90 mg / 100 g) se alcanzaron después de 6 h de impregnación en ambos 40% y 50% de soluciones de sacarosa que contienen 4% de lactato de calcio.

Barrera et al. (2009) encontró que incrementó el contenido de calcio de rodajas de manzana de  $28 \pm 7$  ppm (concentración media de calcio para la fruta fresca) a  $1206 \pm 63$  ppm, en muestras impregnadas con la solución de impregnación que contiene el contenido de calcio más bajo analizado. Suponiendo que se absorba todo el calcio incorporado, estos valores implicarían, respectivamente, alrededor del 24% y el 55% de la cantidad diaria recomendada para adultos (1000 mg / día) (IOM, 1997) en una ración de 200 g de fruta, en lugar del 20% original y el 40% originalmente deseado. El rendimiento del proceso de fabricación de rodajas de manzana fortificadas con calcio mediante la combinación de impregnación al vacío y deshidratación osmótica con una solución de sacarosa de 55 Brix aumentó con la cantidad de calcio introducido en la estructura porosa de las muestras, particularmente cuando se trabaja a baja temperatura (30-40 ° C) y con la adición de lactato de calcio al 1% a la solución osmótica.

#### 4.4 Objetivo específico 3.

##### **Evaluar las características sensoriales del producto osmóticamente deshidratado.**

En la tabla 8 se muestra los resultados de la valoración sensorial dada por los panelistas respecto a los atributos de sabor, color, textura y apariencia general del plátano deshidratado a 50, 55 y 60 Brix con 0, 1 y 2% de Ca.

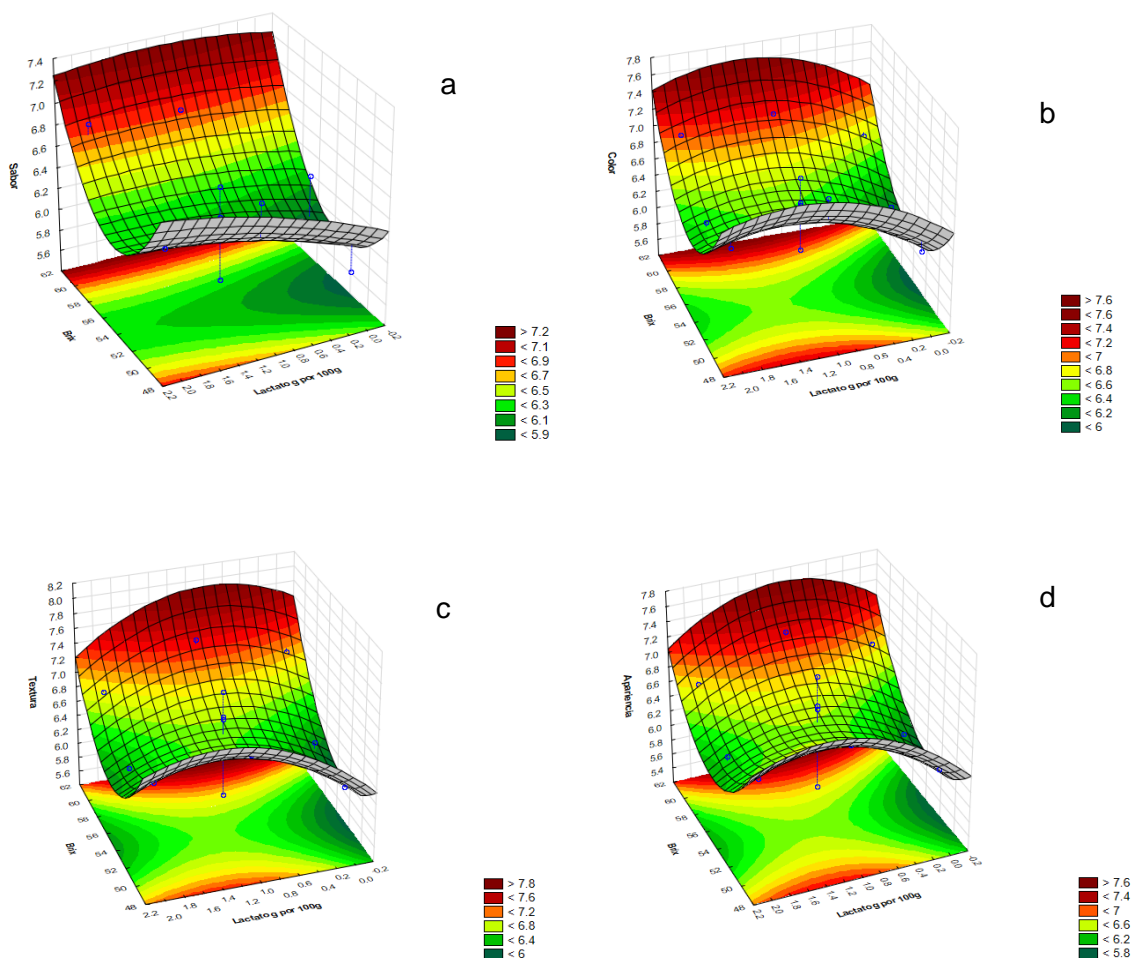
Tabla 8.

Promedio de aceptación sensorial de plátano deshidratado

Atributo	0% de Ca			1% de Ca			2% de Ca		
	50°Brix	55°Brix	60°Brix	50°Brix	55°Brix	60°Brix	50°Brix	55°Brix	60°Brix
Sabor	5.81	6.36	6.59	6.66	6.16	6.84	6.46	6.16	6.90
Color	6.22	6.27	6.67	7.04	6.47	7.11	6.67	6.47	7.03
Textura	6.25	6.30	7.05	6.90	6.39	7.41	6.76	6.39	6.89
Apariencia general	6.14	6.06	6.77	6.74	6.30	7.18	6.58	6.30	6.73

En la tabla 8 se observa la media de la valoración de los atributos sensoriales del plátano maduro con deshidratación osmótica. La muestra con mayor puntaje fue a 60°Brix con

1% de Ca y con 0,935 de actividad de agua, que fue considerada que “gusta moderadamente” a los panelistas; los demás tratamientos fueron calificados con “me gusta poco” para todas las características sensoriales.



**Figura 10.** Influencia del lactato de calcio en (a) sabor, (b) color, (c) textura y (d) apariencia del plátano deshidratado

En la figura 10 se observa los resultados de la evaluación sensorial para plátano deshidratado a 50, 55 y 60°Brix con lactato de calcio a 0, 1 y 2% de concentración, al realizar el análisis de varianza se encontró que, con  $p - valor > 0,05$  al 95% de confianza no existe diferencia estadísticamente significativa (anexo 5) entre los tratamientos respecto al sabor, color, textura y textura de plátano deshidratado. Al respecto Quiñones (2019) reportó que la evaluación sensorial califico como mejor a las muestras con actividad de agua de 0,71. Jalali, Narain, y Silva (2008) encontraron mayor aceptación plátano con deshidratación osmótica y cortado en forma de rodajas, respecto a muestras cortadas longitudinalmente y con el mismo tratamiento.

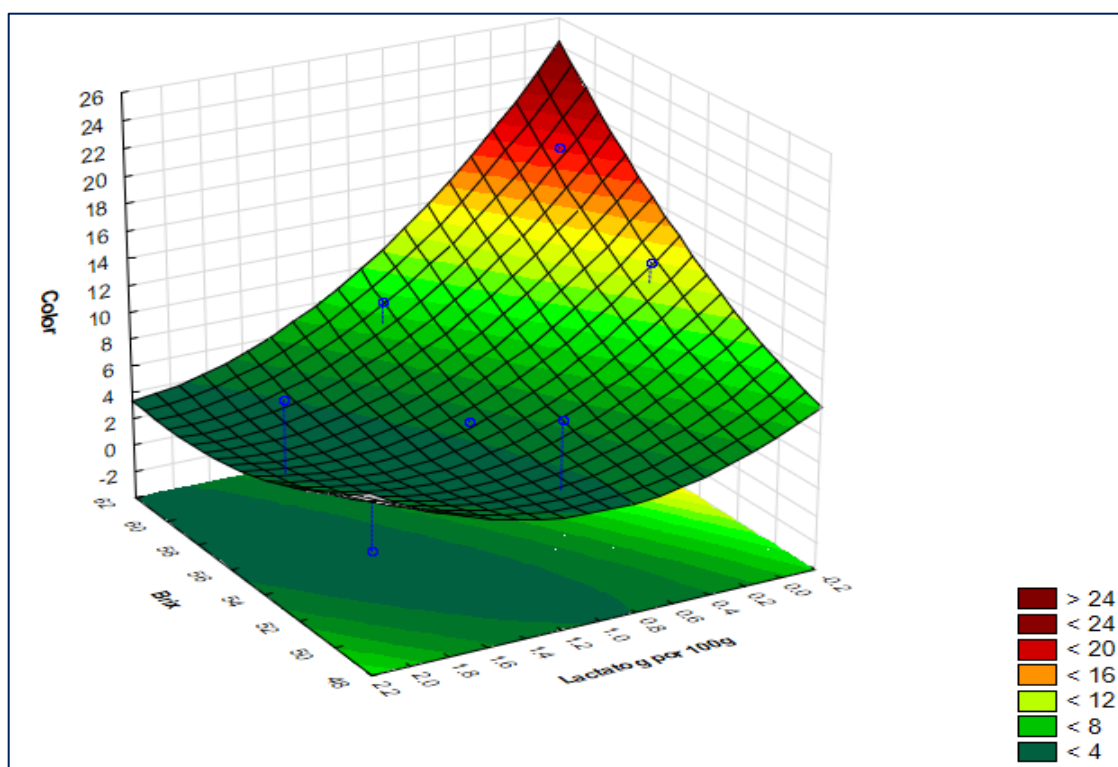
## Medida del cambio de color del plátano con Equipo Minolta Lab

**Tabla 9**

*Cambio de color del plátano deshidratado*

Muestra	0% de Ca			1% de Ca			2% de Ca			
	fresca	50°Brix	55°Brix	60°Brix	50°Brix	55°Brix	60°Brix	50°Brix	55°Brix	60°Brix
L	41.62	44.46	57.3	40.54	48.945	47.38	52.505	54.86	62.815	61.75
a*	5.69	7.08	7.09	6.655	5.525	6.26	6.815	6.745	6.19	7.045
b*	29.64	34.96	38.695	31.57	34.11	32.375	40.05	40.015	43.865	43.49
<b>E<sub>b</sub></b>		<b>6.19</b>	<b>13.37</b>	<b>18.22</b>	<b>8.85</b>	<b>2.45</b>	<b>9.25</b>	<b>2.36</b>	<b>8.86</b>	<b>1.42</b>

En la tabla 9 se observa que a mayor concentración de lactato de calcio menores son los valores de cambios de color respecto a la muestra fresca, resultando ser positivo para la percepción sensorial de los consumidores.



**Figura 11.** Medida del cambio de color en la deshidratación osmótica de plátano

En la figura 11 se observa los resultados del cambio de color del plátano fresco respecto al plátano deshidratado a 50, 55 y 60°Brix con lactato de calcio a 0, 1 y 2% de concentración, la medida del color se realizó utilizando un Equipo Minolta Lab; al realizar el análisis de varianza se encontró que, con  $p - valor < 0,05$  al 95% de confianza existe diferencia estadísticamente significativa (anexo 6) entre los tratamientos para la concentración de lactato.

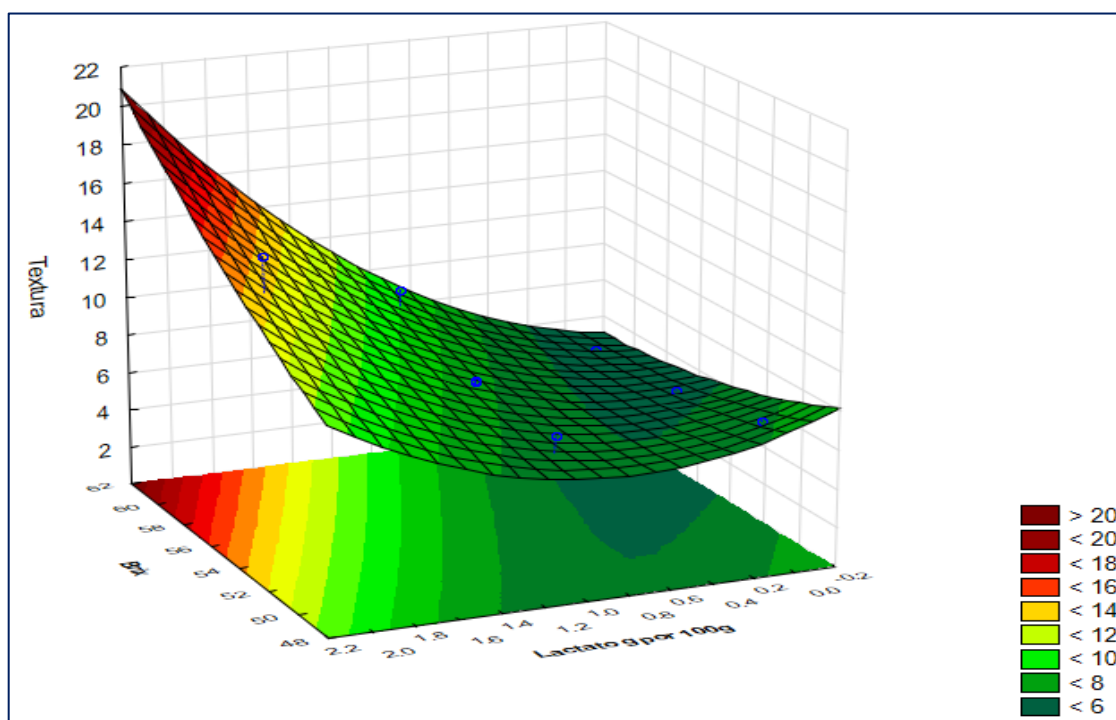
## Textura del plátano fresco y con deshidratación osmótica medido con texturómetro marca Brookfield, modelo CT3.

**Tabla 10**

*Textura de muestras de plátano fresco y deshidratado*

	Muestra fresca	0% de Ca			1% de Ca			2% de Ca		
		50°Brix	55°Brix	60°Brix	50°Brix	55°Brix	60°Brix	50°Brix	55°Brix	60°Brix
Pico más alto (N)	4.15	6.75	5.75	5.40	7.35	7.50	9.9	9.45	15.15	16.05
Deformación (mm)	2.8	4.1	4.3	5.2	4.7	2.9	5.0	4.4	6.6	7.2
Trabajo (mJ)	24.5	46.5	43.5	41.0	43.0	42.0	55.0	68.0	116.0	138.5
Carga final (N)	0.15	0.2	0.35	0.25	0.3	0.40	0.25	0.10	0.15	0.9

En la tabla 10 se observa la textura de las diferentes muestras de plátano, se observa que las muestras con 2% de lactato de calcio incrementaron su dureza aproximadamente tres veces con relación a la muestra fresca.



**Figura 12.** Medida de la textura del plátano deshidratado con texturómetro

En la figura 12 se observa los resultados de textura de plátano deshidratado a 50, 55 y 60°Brix con lactato de calcio a 0, 1 y 2% de concentración, la medida de la textura se realizó utilizando un texturómetro marca Brookfield, modelo CT3; al realizar el análisis de varianza se encontró que, con  $p$ -valor  $< 0,05$  al 95% de confianza existe diferencia estadísticamente significativa (anexo 6) entre los tratamientos para la concentración de lactato.

### Contenido proximal de plátano fresco y con deshidratación osmótica

**Tabla 11**

*Contenido proximal de plátano fresco y deshidratado a 60°Brix con 1% de calcio*

Ítem	Plátano	Humedad %	Aceites y grasa %	Fibra cruda %	Cenizas %	Proteína %	Carbohidratos totales %	Energía Kcal/100g	Calcio ppm
01	Fresco	62.60	0.46	1.10	2.43	1.86	31.55	137.77	-----
02	Deshidratado	6.0	0.50	1.30	2.47	1.96	87.77	363.44	375.00

Fuente: Instituto de Cultivos Tropicales (2022)

En la tabla 11 se observa los resultados del análisis proximal realizado a muestras de plátano fresco, con las mismas características a los utilizados en para los diferentes tratamientos de osmo deshidratación con diferentes porcentajes de lactato de calcio. Los valores más resaltantes por magnitud de su diferencia se encuentran en la humedad con 62.60% para plátano fresco y 6.0% para plátano osmo deshidratado, el contenido de carbohidratos totales con 31.55% para plátano fresco y 87.7% para plátano osmo deshidratado, energía 137.77 Kcal/100g para plátano fresco y 363.44 Kcal/100g para plátano osmo deshidratado y calcio que no fue detectado en plátano fresco y 375ppm en plátano osmo deshidratado. Los resultados demuestran la importancia de este tratamiento al incrementar considerablemente el contenido de calcio en un producto que podría remplazar algunas golosinas consideradas alimentos chatarra por no aportar micronutrientes a los consumidores.

## CONCLUSIONES

1. No existe diferencia estadísticamente significativa para la influencia de la concentración de la solución osmótica (50, 55 y 60°Brix) en la ganancia de solutos, pérdida de agua y peso, pérdida de color, textura; en la deshidratación osmótica de plátano.
2. Existe diferencia estadísticamente significativa para la influencia de la concentración de lactato de calcio (0, 1 y 2g/100gramos de solución osmótica) en la ganancia de soluto, pérdida de agua y peso, pérdida de color, textura; en la deshidratación osmótica de plátano.
3. No existe diferencia estadísticamente significativa con  $p - valor > 0,05$  al 95% de confianza entre los tratamientos para aceptación de las características sensoriales y del producto osmóticamente deshidratado.
4. La muestra con mayor aceptación fue a 60°Brix con 1% de Ca, observando que el contenido de calcio en el plátano fresco no fue detectado y en el deshidratado fue de 375,00 ppm. Sin embargo, existe diferencia estadísticamente significativa en las características sensoriales.



## RECOMENDACIONES

1. Para la deshidratación osmótica de plátanos tener en cuenta el estado de madurez, cuánto más maduro se encuentre el plátano es necesario menor concentración de azúcar en la solución osmótica.
2. Se recomienda utilizar 1% de lactato de calcio (1g/100gramos de solución osmótica) para acelerar la ganancia de soluto, pérdida de agua en la deshidratación osmótica de plátano
3. La deshidratación osmótica de plátano debe ser a 60°Brix con 1% de Ca, y utilizando materia plátano en estado de madurez pintón.
4. Promover el consumo de plátano deshidratado por el contenido de calcio que le da mayor valor nutricional.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adao, R., & Glória, B. (2005). Bioactive amines and carbohydrate changes during ripening of “Prata” banana (*Musa acuminata*, M. balbisiana). *Food Chemistry*, 90(4), 705–711.
- Anurag, P., Misra, P., & Sanwal, G. (2003). Pectate lyase activity during ripening of banana fruit. *Phytochemistry*, 63(3), 243–248.
- AOAC. (2005). *Official Methods of analysis of the Association of Official Agriculture Chemistry*. (18ava Ed.).
- Arias, C., & Toledo, J. (2000). “*Manual de manejo postcosecha de frutas tropicales.*”
- Baini, R., & Langrish, T. (2009). Assessment of colour development in dried bananas - measurements and implications for modelling. *Journal of Food Engineering*, 93(2), 177–182. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.01.012>
- Barbosa, G. (2000). *Deshidratación de alimentos*. (1ª Edición). Editorial Acribia.
- Barrera, C., Betoret, N., Corell, P., & Fito, P. (2009). Effect of osmotic dehydration on the stabilization of calcium-fortified apple slices (var. Granny Smith): Influence of operating variables on process kinetics and compositional changes. *Journal of Food Engineering*, 92(4), 416–424. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.12.034>
- Bouzayen, M., Latché, A., Nath, P., & Pech, J. (2010). Mechanism of fruit ripening. *Plant Developmental Biology-Biotechnological Perspectives.*, 1, 319–339.
- Brennan, J. (2008). *Manual del procesado de los alimentos*. (Acribia (ed.); Primera ed).
- Brod, F., Alonso, L., & Park, K. (1999). Secagem de produtos agrícolas. XI SEMEAGRI Semana de Engenharia Agrícola da Unicamp. Campinas. *Agrológica Empresa Júnior de Engenharia Agrícola.*, 122.
- Capparelli, A. (2013). *Fisicoquímica básica*.
- Carrillo-Carrillo, M., Castorena-Alemán, J., García-Jiménez, F., & García-González, J. (2019). Deshidratación de plátano (*Musa paradisiaca*) por medio de radiación solar en un secador directo. *Revista de Sistemas Experimentales*, 6(19), 19–23.
- Cerklewski, F. (2005). calcio fortificación de alimentos puede añadir que no sean necesarios en la dieta fósforo. *J. Food Compos. Anal.*, 18, 595–598.
- Cerqueira, S., Da Silveira, M., Urbano, F., & Cardoso, R. (2005). Avaliação de banana-passa obtida de frutos de diferentes genótipos de bananeira. *Pesq. Agropec. Bras.*,

- Brasília*, 40(6), 573–579. <https://doi.org/10.1016/j.hbrcj.2014.06.002>
- Chua, K., Hawlader, M., Chou, S., & Ho, J. (2002). On the study of time-varying temperature drying – effect on drying kinetics and product quality. *Drying Technology*, 20(8), 1559–1577.
- Clarke, M. (1992). *Clarke, M. A. Analysis of Sugars in Foods*, Sugar Processing Research Institute, Inc, New Orleans, Louisiana, EE.UU.
- Crank, J. (1956). *The Mathematics of Difussion*. (2° Edición). Oxford University Press.
- Defraeye, T. (2016). When to stop drying fruit: Insights from hygrothermal modelling. *Applied Thermal Engineering*, 1–23. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2016.08.219>
- Egea, M., & Pereira, L. (2014). A desidratação osmótica como pré-tratamento para frutas e hortaliças. *Revista Do Instituto Adolfo Lutz*, 73(4). <https://doi.org/10.18241/0073-98552014731621>
- Escalante, P., Ibarra, V., Puente, J., Chávez, A., Ornelas, J., Pérez, J., & Orozco, M. (2013). Optimización de la extracción enzimática de jugo de banano a partir de los cultivares enano gigante, FHIA-17 y FHIA-23. *Universidad y Ciencia*, 29(1), 1–9.
- FAO. (2020). *Banana Market Review: Preliminary Results 2019*. Rome.
- Farias, S. (2009). *Procesamiento e qualidade de banana da terra (Musa sapientum) desidratada*. Universidad Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB.
- Fernández, J., Obando, J., Martínez, J., Alarcón, A., Eduardo, I., Arús, P., & Monforte, A. (2007). Mapping fruit susceptibility to postharvest physiological disorders and decay using a collection of near-isogenic lines of melon. *Soc. Hortic. Sci.*, 132(5), 739–748.
- Ferrari, C., Carmello-Guerreiro, S., Bolini, H., & Hubinger, M. (2010). Los cambios estructurales, propiedades mecánicas y la preferencia sensorial de piezas de melón osmodeshidratadas con soluciones de sacarosa y de lactato de calcio. *En t.J. Prop Food.*, 13, 112–130.
- Flores, W. (2007). *Manual técnico para el manejo poscosecha del plátano*. 1–29.
- García, F., Bejarano, D., Paredes, L., Vega, R., & Encinas, J. (2018). La deshidratación osmótica mejora la calidad de Ananas comosus deshidratada. *Scientia Agropecuaria*, 9(3), 349–357. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.03.06>
- Geankoplis, C. J. (1988). *Procesos De Transporte Y Operaciones Unitarias*.

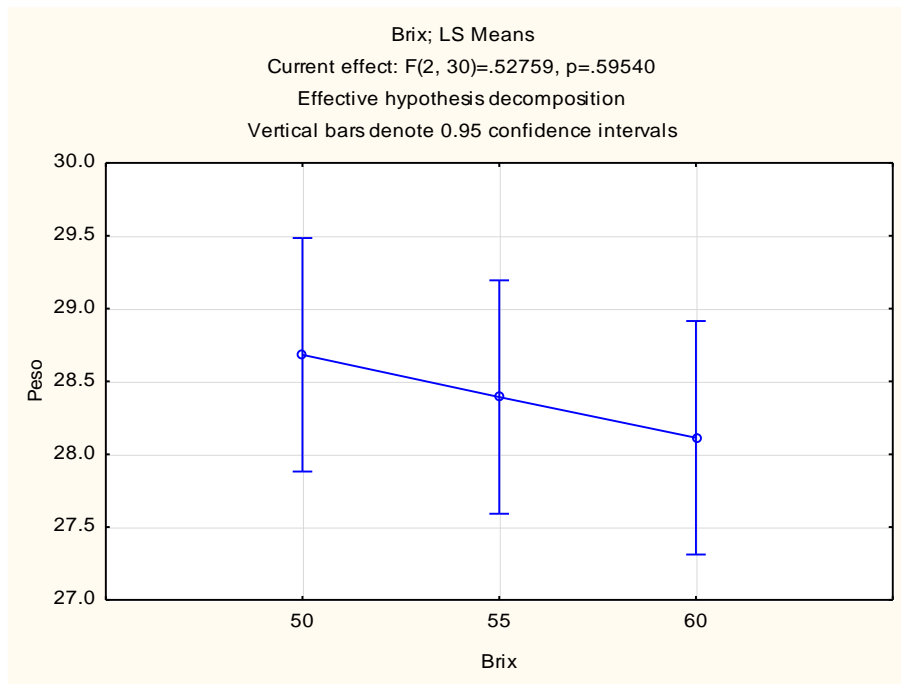
- Greensmith, M. (1998). *Practical dehydration* (Segunda ed).
- Hernandez, L., & Vit, P. (2009). El plátano un cultivo tradicional con importancia nutricional. *Revista Del Colegio de Farmacéuticos Del Estado Mérida*, 13, 1–4.
- Hidalgo, A., & Vargas, G. (2009). *Análisis del efecto del tipo de agente osmótico en la transferencia de masa durante el secado y en la vida útil del babaco deshidratado guayaquil ecuador*. Universidad de Mecánica y Ciencia de la Producción.
- Hodge, J. (1953). Dehydrated foods – Chemistry of browning reactions in model systems. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 1(15), 928–943.
- Jalali, V., Narain, N., & Silva, G. (2008). Effect of osmotic predehydration on drying characteristics of banana fruits. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 28(2), 269–273.
- Julca, L., & Vásquez, F. (2018). *Deshidratación osmótica de Mamey (Mammea Americana L.) y su efecto en las características fisicoquímicas y organolépticas*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Krokida, M., Tsami, E., & Maroulis, Z. (1998). Kinetics on color changes during drying of some fruits and vegetables. *Drying Technology*, 16, 667–685. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Kuang, J., Chen, L., Shan, W., Yang, S., & Chen, J. (2013). Molecular characterization of two banana ethylene signaling component MaEBFs during fruit ripening. *Postharvest Biology and Technology*, 85, 94–101.
- León, A., & Mejía, L. (2002). *Determinación del tiempo de crecimiento para cosecha comportamiento fisiológico post cosecha del banano “Gross Michael”*. Universidad Nacional de Colombia.
- Lewicki, P., & Lenart, A. (1992). Energy consumption during osmo-convection drying of fruits and vegetables. *Drying of Solids*, 354–366.
- Machado, P., Tiek, R., Moreira, M., Arraes, G., Wilane, F., & Manoel, S. (2005). Obtenção de Banana Desidratada Osmoticamente Seguida de Secagem em Estufa. *Comunicado Técnico on Line*, 85, 1–3.
- Maillard, L. (1912). The action of amino acids on sugar: the formation of melanoidin by a methodic route. *Comptes Rendus Hebdomadaires Des Seances de l'Academic Des Sciences*, 154, 66–68.
- Martín-Diana, A., Rico, D., Frías, J., Barat, J., Henehan, G., & Barry-Ryan, C. (2007). calcio para extender la vida útil de toda fresco y frutas mínimamente procesadas y

- verduras: una revisión. *Tendencias Food Sci. Technol.*, 18, 210–218.
- Maskan, M. (2000). Microwave/air and microwave finish drying of banana. *Journal of Food Engineering*, 44(2), 71–78.
- Mastrantonio, S., Pereira, L., & Hubinger, M. (2005). La deshidratación osmótica cinética de guayabas en soluciones de maltosa con sal de calcio. *Alimentos e Nutrição*, 16(4), 309–314. <https://doi.org/10.1016/j.hbrcj.2014.06.002>
- Medina, M., Medina, C., & Medina, L. (2015). Propagación in vitro de *Musa acuminata* (Simmunds) plátano bocadillo del Chocó, Colombia, a partir del cultivo de meristemos apicales. *Revista Biodiversidad Neotropical*, 5(1), 47–53. <https://doi.org/10.18636/bioneotropical.v5i1.206>
- Miranda, M., & Otanez, I. (2003). “Preservación de banano (*Musa Cavendish*) mediante deshidratación osmótica y secado.” UTA – FCIAL Ambato – Ecuador.
- Miranda, M., & Otáñez, I. (2003). *Preservación de Banano Musa cavendish mediante deshidratación osmótica y secado*. Universidad Técnica de Ambato/ FCIAL.
- Núñez, E. (2018). *Ganancia de sólidos, pérdida de agua y textura durante la deshidratación osmótica del yacón (*Smallanthus sonchifolius*) evaluado a diferentes presiones y temperaturas*. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Ochoa, C., & Ayala, A. (2005). Modelos matemáticos de transferencia de masa en deshidratación osmótica. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 4(5), 330–342. <https://doi.org/10.1080/11358120509487660>
- PepsiCo. (2017). GRAS Conclusion for the Use of Calcium Lactate in Potato and Vegetable Snacks and Sweetened Crackers. *U.S. Food and Drug Administration Center*, 1–104.
- Quiñones, M. (2019). “Influencia de las condiciones de procesos para obtener osmodeshidratado de manzana (*Malus communis* var. *delicious*).” Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Raoult, A. (1994). The Osmotic Dehydration. *Trends in Food Science & Technology*, 5, 1–6.
- Reynoso, M. (2019). “Influencia del momento de cosecha en la calidad de banana (*Musa sp.*) variedad *Gros Michel*.” Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Romero, I., Díaz, V., & Aguirre, A. (2016). Fortalecimiento de la cadena de valor de los snacks nutritivos con base en fruta deshidratada en El Salvador. *CEPAL*, 1–114.
- Sablani, S., Rahman, M., Haffar, I., Mahgoub, O., Al-Marzouki, A., Al-Ruzeiqi, M., Al-

- Habsi, N., & Al-Belushi, R. (2003). Drying rates and quality parameters of fish sardines processed using solar dryers. *RAgric. Marine Sci.*, 8(2), 79–86. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.88.5042&rep=rep1&type=pdf%0Ahttps://www.ideals.illinois.edu/handle/2142/73673%0Ahttp://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-33646678859&partnerID=40&md5=3ee39b50a5df02627b70c1bdac4a60ba%0Aht>
- Sandoval, S., Rodríguez, J., Méndez, L., & Sánchez, J. (2006). Rapidez de secado reducida: una aplicación al secado convectivo de platano Roatán Revista. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 5(1), 35–38.
- Seemi, L., Prabodh, T., & Pravendra, N. (2004). Changes in activities of cell wall hydrolases during ethylene-induced ripening in banana: effect of 1-MCP, ABA and IAA. *Postharvest Biology and Technology*, 31(2), 119–126.
- Silva, K., Fernandes, M., & Mauro, M. (2013). La deshidratación osmótica de la piña con impregnación de sacarosa, calcio y ácido ascórbico. *Food Technol Bioprocesos*.
- Silva, K., Fernandes, M., & Mauro, M. (2014). Effect of calcium on the osmotic dehydration kinetics and quality of pineapple. *Journal of Food Engineering*, 134, 37–44. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.02.020>
- Sousa, P., Maia, G., Sousa, M., Figueiredo, R., Nassu, R., & Borges, M. (2003). Avaliação de produtos obtidos pela desidratação osmótica de banana seguida de secagem. *Boletim Do Centro de Pesquisa E Processamento de Alimentos*, 21, 109–120.
- Travaglini, D. A., Pinto, M., Bleinroth, W., & Leitão, M. (1995). *Banana-passa: princípios de secagem, conservação e produção industrial*.
- Zapata, J., & Castro, G. (1999). Deshidratación osmótica de frutas y vegetales. *Universidad de Antioquia*, 14.

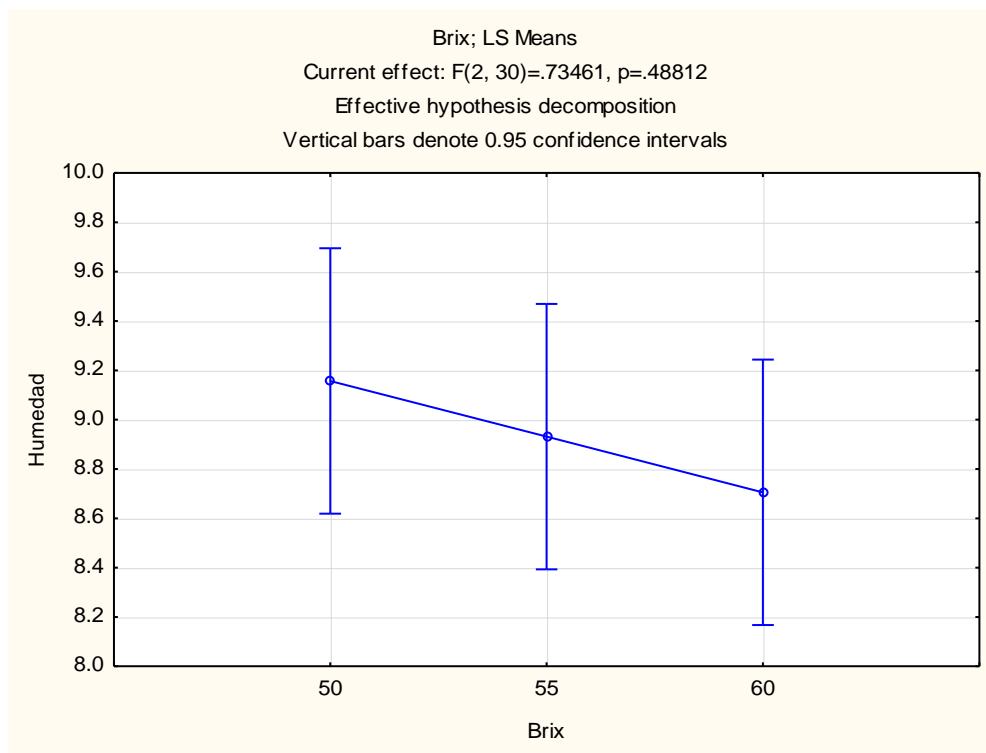
## ANEXOS

### Anexo A. Pérdida de peso para 50, 55 y 60°Brix



Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p	Partial eta-squared	Non-centrality	Observed power (alpha=0.05)
Intercept	26610.23	1	26610.23	15709.31	0.000000	0.998094	15709.31	1.000000
Brix	1.79	2	0.89	0.53	0.595398	0.033978	1.06	0.128788
Error	50.82	30	1.69					

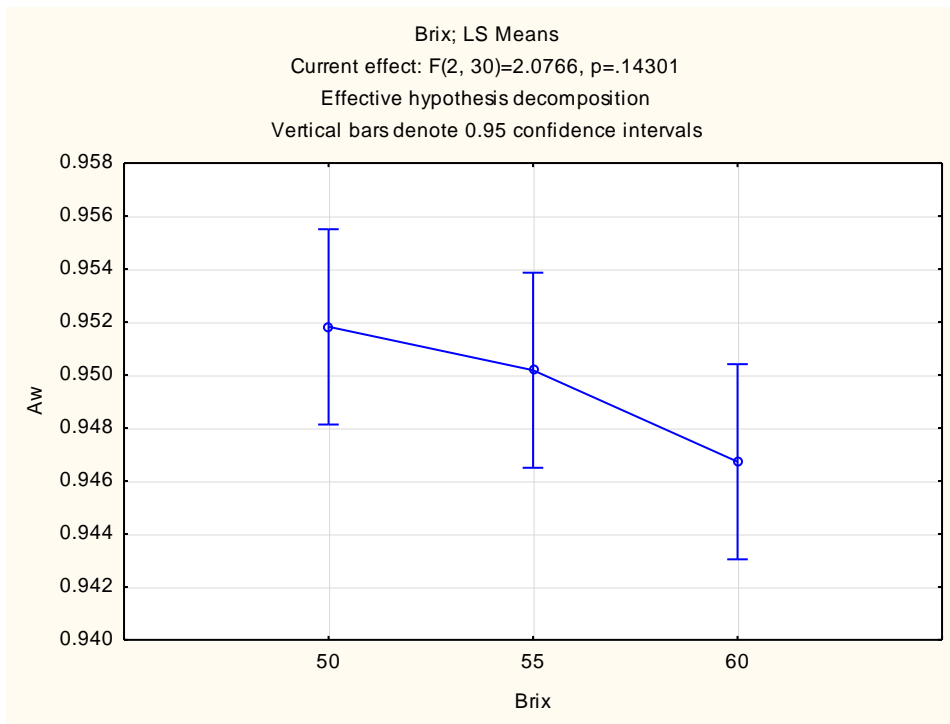
## Anexo B. Pérdida de humedad para 50, 55 y 60°Brix



Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	2632.276	1	2632.276	3448.134	0.000000
Brix	1.122	2	0.561	0.735	0.488122
Error	22.902	30	0.763		



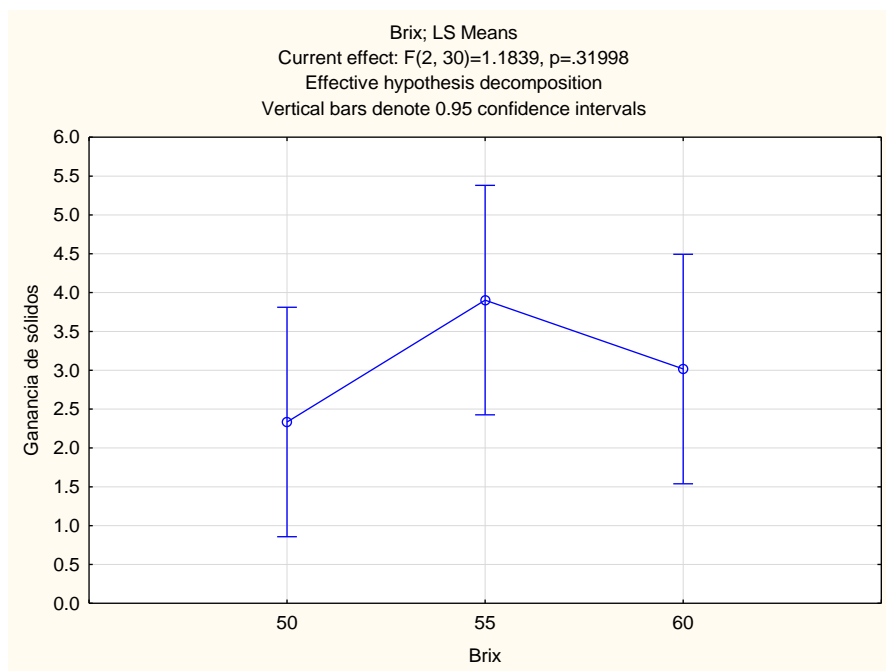
### Anexo C. Actividad de agua para 50, 55 y 60°Brix



Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	29.75591	1	29.75591	831592.9	0.000000
Brix	0.00015	2	0.00007	2.1	0.143009
Error	0.00107	30	0.00004		

**Anexo D. Ganancia de sólidos para 50, 55 y 60°Brix**

Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	<b>314.0376</b>	<b>1</b>	<b>314.0376</b>	<b>54.59966</b>	<b>0.000000</b>
Brix	13.6186	2	6.8093	1.18389	0.319981
Error	172.5492	30	5.7516		

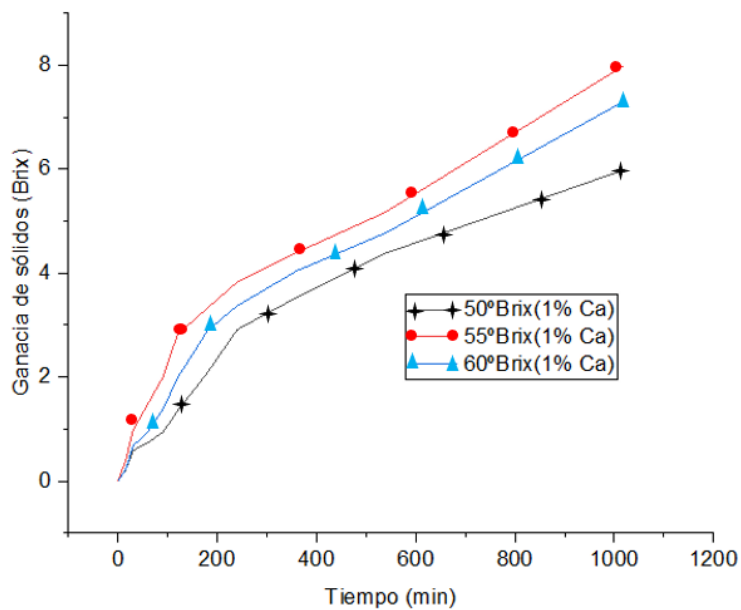


## Anexo 1. Ganancia de sólidos

**Tabla A1**

*Ganancia de solutos (Brix) para muestras con 1% de lactato de calcio*

Tiempo (min)	50(1%)	55(1%)	60(1%)
0	0.0000	0.0000	0.0000
15	0.2024	0.3720	0.2063
30	0.5851	0.9826	0.6747
60	0.7374	1.4760	0.9466
90	0.9307	1.9905	1.3672
120	1.3508	2.8176	1.9849
180	2.0842	3.3251	2.8911
240	2.9115	3.8273	3.3683
360	3.5329	4.3935	4.0428
540	4.3824	5.1779	4.7753
1020	5.9900	7.9942	7.3071

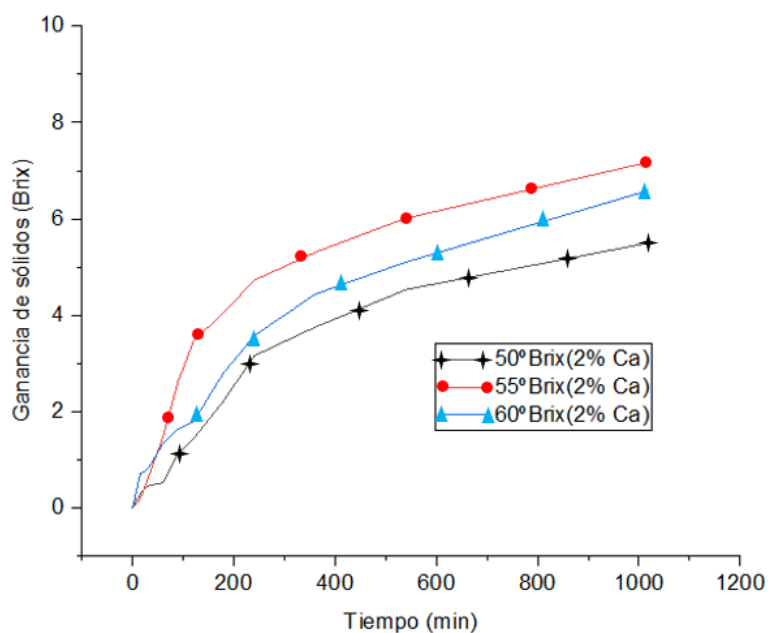


**Figura A1.** Ganancia de sólidos a una concentración de 1% de Ca.

**Tabla A2**

Ganancia de solutos (Brix) para muestras con 2% de lactato de calcio

Tiempo (min)	50(2%)	55(2%)	60(2%)
0	0.0000	0.0000	0.0000
15	0.2937	0.1847	0.7101
30	0.4543	0.6105	0.8126
60	0.5250	1.4659	1.3355
90	1.1363	2.6255	1.6329
120	1.4323	3.4619	1.7855
180	2.2279	4.0565	2.8114
240	3.1543	4.7195	3.5729
360	3.7507	5.3030	4.4357
540	4.5323	6.0130	5.1027
1020	5.5028	7.1809	6.5935

**Figura A2.** Ganancia de solutos al 2% de Ca.

ANOVA para ganancia de solutos

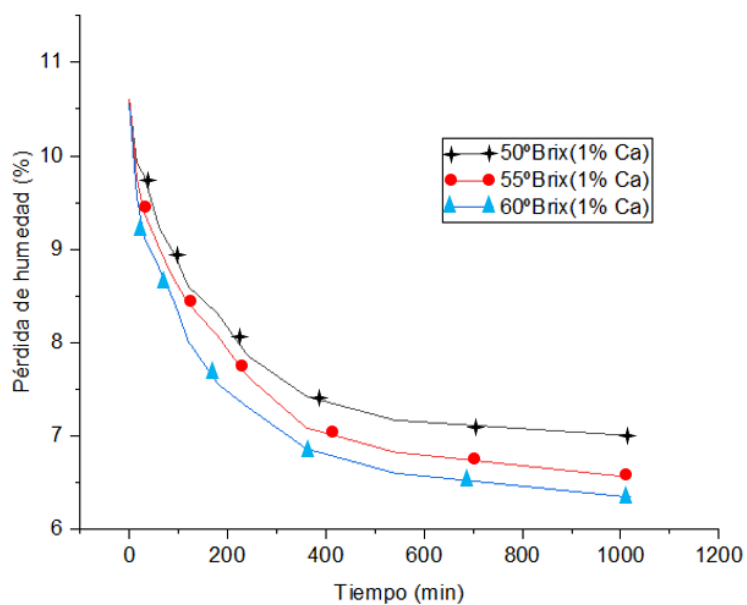
Factor	SS	df	MS	F	p
(1)Brix (L)	1.736449	1	1.736449	107.4252	0.000017
Brix (Q)	4.460290	1	4.460290	275.9354	0.000001
(2)Lactato (L)	1.472923	1	1.472923	91.1222	0.000029
Lactato (Q)	0.164298	1	0.164298	10.1643	0.015316
1L by 2L	0.018320	1	0.018320	1.1333	0.322402
Error	0.113150	7	0.016164		
Total SS	9.513455	12			

## Anexo 2. Pérdida de humedad

**Tabla A3**

*Porcentaje de pérdida de humedad al 1% de Ca*

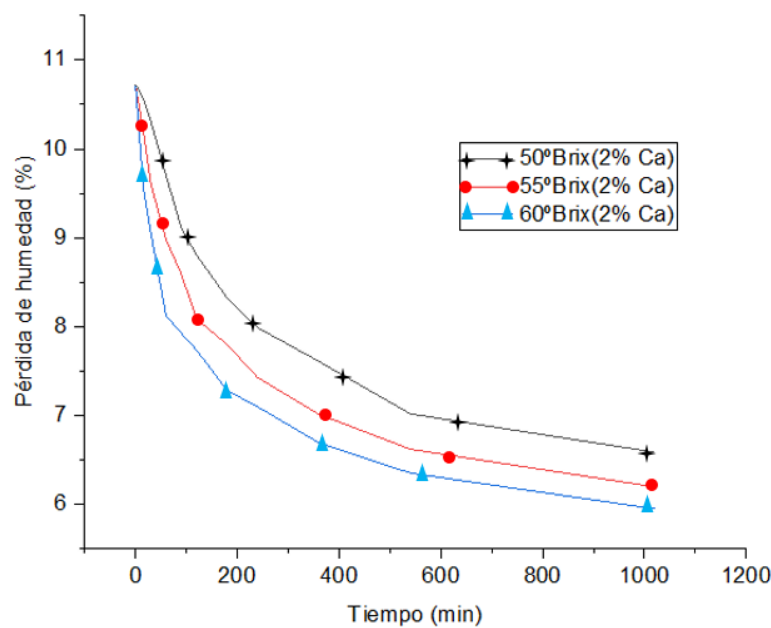
Tiempo (min)	50(1%)	55(1%)	60(1%)
0	10.5718	10.7109	10.4424
15	9.9231	9.7581	9.5573
30	9.7885	9.3909	9.1286
60	9.2334	9.0197	8.8018
90	8.9619	8.6823	8.4514
120	8.6006	8.4181	8.0125
180	8.3062	8.0661	7.5565
240	7.8646	7.6401	7.3126
360	7.4256	7.0878	6.8631
540	7.1688	6.8285	6.6029
1020	7.0022	6.3889	6.3435



**Figura A3.** Pérdida de humedad al 1% de Ca

**Tabla A4***Porcentaje de pérdida de humedad al 2% de Ca*

Tiempo (min)	50(2%)	55(2%)	60(2%)
0	10.7255	10.7069	10.7033
15	10.5672	10.2096	9.5736
30	10.3045	9.5982	9.0484
60	9.6966	8.9762	8.1191
90	9.1075	8.5878	7.9243
120	8.8024	8.0832	7.7322
180	8.3182	7.7954	7.2786
240	7.9881	7.4258	7.0981
360	7.6091	7.0146	6.6914
540	7.0178	6.6199	6.3523
1020	6.5867	6.1964	5.9484

**Figura A4.** Porcentaje de pérdida de agua al 2% de Ca.

ANOVA para Pérdida de agua

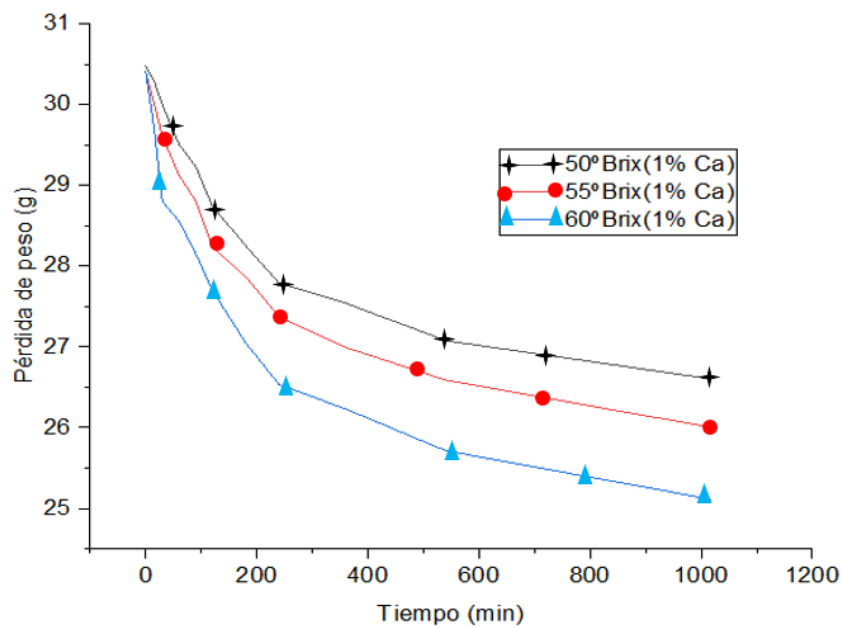
Factor	SS	df	MS	F	p
(1)Brix (L)	0.662939	1	0.662939	136.2588	0.000008
Brix (Q)	0.042064	1	0.042064	8.6458	0.021702
(2)Lactato (L)	3.086972	1	3.086972	634.4887	0.000000
Lactato (Q)	0.408236	1	0.408236	83.9079	0.000038
1L by 2L	0.000873	1	0.000873	0.1795	0.684538
Error	0.034057	7	0.004865		
Total SS	4.428376	12			

### Anexo 3. Pérdida de peso

**Tabla A5**

*Pérdida de peso al 1% Ca (gramos)*

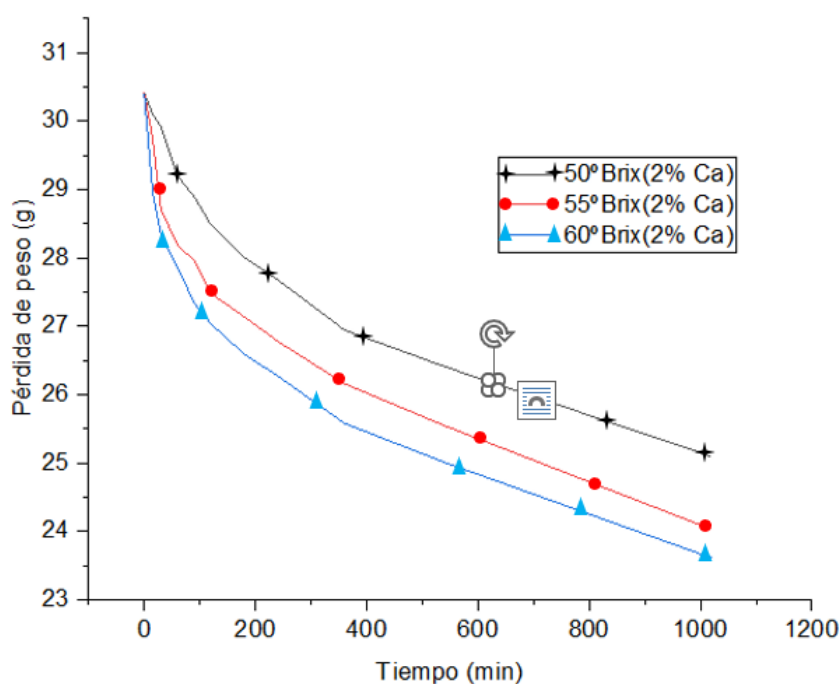
Tiempo (min)	50(1%)	55(1%)	60(1%)
0	30.4873	30.3991	30.4197
15	30.2915	30.0138	29.7079
30	29.9928	29.5995	28.7990
60	29.5073	29.1252	28.5569
90	29.2318	28.8055	28.1548
120	28.7407	28.2348	27.6992
180	28.2516	27.8689	27.0485
240	27.7895	27.3717	26.5347
360	27.5416	26.9935	26.2329
540	27.0787	26.5892	25.7165
1020	26.6024	26.0014	25.1114



**Figura A5.** Pérdida de peso al 1% de Ca.

**Tabla A6***Porcentaje de pérdida de peso al 2% Ca (gramos)*

Tiempo (min)	50(2%)	55(2%)	60(2%)
0	30.403	30.4085	30.3931
15	30.102	29.7484	28.9664
30	29.9185	28.6997	28.3297
60	29.1968	28.1859	27.8563
90	28.8890	27.9559	27.3395
120	28.4795	27.4798	27.0335
180	28.0084	27.1353	26.5875
240	27.6816	26.7809	26.2739
360	26.9451	26.1612	25.5812
540	26.4097	25.5468	25.0104
1020	25.0948	24.0330	23.6138

**Figura A6.** Pérdida de peso al 2%Ca.

ANOVA para Pérdida de peso

Factor	SS	df	MS	F	p
<b>(1)Brix (L)</b>	<b>2.56564</b>	<b>1</b>	<b>2.565642</b>	<b>63.5279</b>	<b>0.000093</b>
Brix (Q)	0.00173	1	0.001730	0.0428	0.841914
<b>(2)Lactato (L)</b>	<b>6.97509</b>	<b>1</b>	<b>6.975091</b>	<b>172.7103</b>	<b>0.000003</b>
Lactato (Q)	1.46449	1	1.464486	36.2622	0.000531
1L by 2L	0.07009	1	0.070093	1.7356	0.229183
Error	0.28270	7	0.040386		
<b>Total SS</b>	<b>11.65352</b>	<b>12</b>			

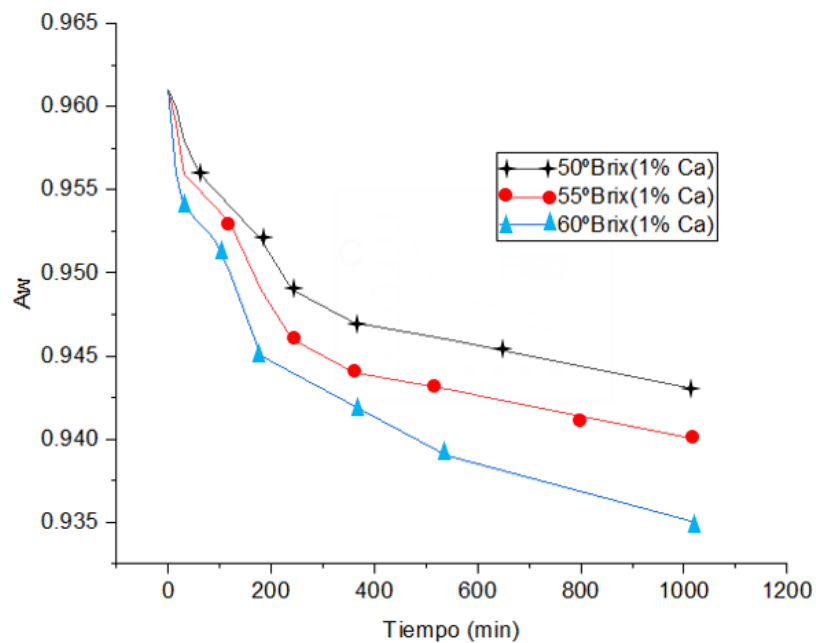


## Anexo 4. Actividad de agua

**Tabla A7**

*Actividad de agua al 1% Ca*

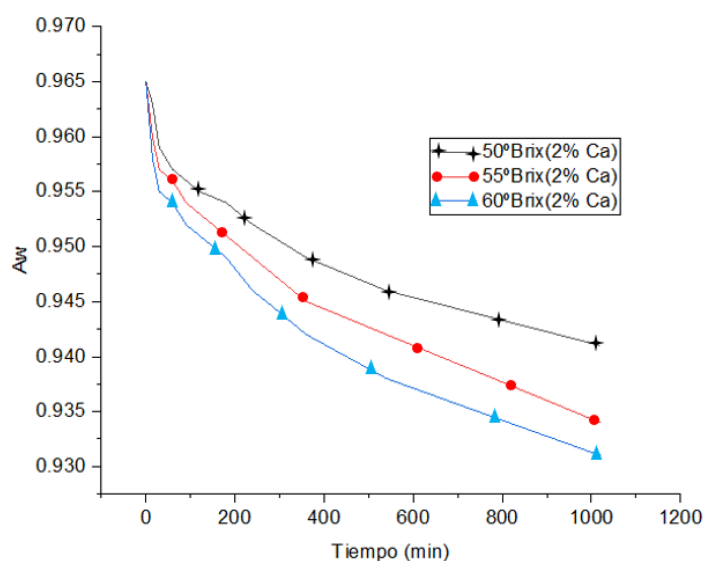
Tiempo (min)	50(1%)	55(1%)	60(1%)
0	0.961	0.961	0.961
15	0.96	0.959	0.956
30	0.958	0.956	0.954
60	0.956	0.955	0.953
90	0.955	0.954	0.952
120	0.954	0.953	0.95
180	0.952	0.949	0.945
240	0.949	0.946	0.943
360	0.947	0.944	0.942
540	0.946	0.943	0.939
1020	0.943	0.94	0.935



**Figura A7.** Actividad de agua al 1% de Ca.

**Tabla A8***Actividad de agua en plátano osmo deshidratado con 2% de Ca*

Tiempo (min)	50(2%)	55(2%)	60(2%)
0	0.965	0.965	0.965
15	0.963	0.960	0.958
30	0.959	0.957	0.955
60	0.957	0.956	0.954
90	0.956	0.954	0.952
120	0.955	0.953	0.951
180	0.954	0.951	0.949
240	0.952	0.949	0.946
360	0.949	0.945	0.942
540	0.946	0.942	0.938
1020	0.941	0.934	0.931

**Figura A8.** Actividad de agua al 2% de Ca.

ANOVA para actividad de agua

Factor	SS	df	MS	F	p
<b>(1)Brix (L)</b>	<b>0.000096</b>	<b>1</b>	<b>0.000096</b>	<b>93.39297</b>	<b>0.000027</b>
Brix (Q)	0.000000	1	0.000000	0.31949	0.589563
<b>(2)Lactato (L)</b>	<b>0.000048</b>	<b>1</b>	<b>0.000048</b>	<b>46.85863</b>	<b>0.000243</b>
Lactato (Q)	0.000009	1	0.000009	9.14457	0.019277
1L by 2L	0.000004	1	0.000004	3.89137	0.089141
Error	0.000007	7	0.000001		
Total SS	0.000168	12			

## Anexo 5 Análisis sensorial de plátano deshidratado

ANOVA para sabor de plátano deshidratado

Factor	SS	df	MS	F	p
(1)Brix (L)	0.326667	1	0.326667	2.871822	0.133967
Brix (Q)	0.511496	1	0.511496	4.496707	0.071664
(2)Lactato (L)	0.096267	1	0.096267	0.846308	0.388201
Lactato (Q)	0.009829	1	0.009829	0.086409	0.777318
1L by 2L	0.028900	1	0.028900	0.254068	0.629699
Error	0.796243	7	0.113749		
<b>Total SS</b>	<b>1.794708</b>	<b>12</b>			

ANOVA para color de plátano deshidratado

Factor	SS	df	MS	F	p
(1)Brix (L)	0.129067	1	0.129067	1.695519	0.234081
Brix (Q)	0.587929	1	0.587929	7.723489	0.027333
(2)Lactato (L)	0.170017	1	0.170017	2.233470	0.178697
Lactato (Q)	0.163922	1	0.163922	2.153405	0.185694
1L by 2L	0.002025	1	0.002025	0.026602	0.875048
Error	0.532855	7	0.076122		
<b>Total SS</b>	<b>1.436769</b>	<b>12</b>			

ANOVA para textura de plátano deshidratado

Factor	SS	df	MS	F	p
(1)Brix (L)	0.345600	1	0.345600	1.986390	0.201562
Brix (Q)	0.600297	1	0.600297	3.450300	0.105599
(2)Lactato (L)	0.032267	1	0.032267	0.185458	0.679673
Lactato (Q)	0.326440	1	0.326440	1.876264	0.213078
1L by 2L	0.112225	1	0.112225	0.645031	0.448302
Error	1.217888	7	0.173984		
<b>Total SS</b>	<b>2.397508</b>	<b>12</b>			

ANOVA para apariencia de plátano deshidratado

Factor	SS	df	MS	F	p
(1)Brix (L)	0.248067	1	0.248067	1.365208	0.280885
Brix (Q)	0.511496	1	0.511496	2.814961	0.137288
(2)Lactato (L)	0.068267	1	0.068267	0.375698	0.559294
Lactato (Q)	0.337667	1	0.337667	1.858314	0.215042
1L by 2L	0.057600	1	0.057600	0.316995	0.590988
Error	1.271943	7	0.181706		
<b>Total SS</b>	<b>2.268800</b>	<b>12</b>			

## Anexo 6. Análisis instrumental de plátano deshidratado


ANOVA para color Ciel\*a\*b\* de plátano deshidratado

Factor	SS	df	MS	F	p
(1)Brix (L)	22.0034	1	22.0034	1.702112	0.233265
Brix (Q)	3.0320	1	3.0320	0.234547	0.642957
(2)Lactato (L)	105.3366	1	105.3366	8.148516	0.024528
Lactato (Q)	26.7608	1	26.7608	2.070136	0.193379
1L by 2L	42.0552	1	42.0552	3.253263	0.114267
Error	90.4896	7	12.9271		
<b>Total SS</b>	<b>302.7634</b>	<b>12</b>			


ANOVA para textura con texturómetro de plátano deshidratado

Factor	SS	df	MS	F	p
(1)Brix (L)	10.1400	1	10.14000	7.16051	0.031727
Brix (Q)	0.3383	1	0.33833	0.23892	0.639929
(2)Lactato (L)	86.2604	1	86.26042	60.91402	0.000107
Lactato (Q)	13.0655	1	13.06554	9.22641	0.018913
1L by 2L	15.8006	1	15.80063	11.15784	0.012414
Error	9.9127	7	1.41610		
<b>Total SS</b>	<b>139.6669</b>	<b>12</b>			

## Anexo 7. Análisis de calcio



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES**

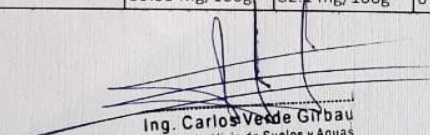


Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto  
 Jr. Amorrarca Cdra. 3  
 Ciudad Universitaria- Laboratorio de Suelos - FCA  
 Morales - San Martín  
 Telf. 985800927  
[cverde@unsm.edu.pe](mailto:cverde@unsm.edu.pe)  
[girbau1020@hotmail.com](mailto:girbau1020@hotmail.com)

**ANÁLISIS DE CALCIO EN - LSA - FCA-UNSM-T**

Cliente : ERIKA MALÚ FLORES GARCÍA  
 Dirección : Tarapoto  
 Producto : Mezcla de plátano-azúcar y Ca  
 Cantidad de muestra : 3 g  
 Presentación : Placa petri  
 Metodologías : Digestión Ácida - Lectura Absorción Atómica  
 Fecha de reporte : 30/04/2021

Parámetro medido	60 (2%)	55 (2%)	50 (2%)	55 (1%)
Cantidad Calcio por muestra	835.5 mg/kg	821 mg/kg	678 mg/kg	612.35 mg/kg
	835.5 ppm	821 ppm	678 ppm	612.35 ppm
	0.0835%	0.0821%	0.0678%	0.0612%
	83.55 mg/100g	82.1 mg/100g	67.8 mg/100g	61.235 mg/100g

  
 Ing. Carlos Verde Girbau  
 Lab de Análisis de Suelos y Aguas  
 UNSM - TARAPOTO  
 Facultad de Ciencias Agrarias

Jr. Amorrarca Cdra. 3 - Telf. 042- 521402 - RPM: #985800927 CIUDAD UNIVERSITARIA - DISTRITO DE MORALES - SAN MARTÍN / [www.unsm.edu.pe](http://www.unsm.edu.pe)


**INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES**

INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRÍCOLA PARA EL DESARROLLO DE LA AMAZONÍA PERUANA

CERTIFICADO INDECOPI N° 00072183

**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS, FERTILIZANTES Y ALIMENTOS**
**REPORTE DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS**

 N° SOLICITUD : AA0038-21  
 SOLICITANTE : ERIKA MALÚ FLORES GARCÍA  
 PROCEDENCIA : SAN MARTÍN - TARAPOTO  
 ALIMENTO : PLATANO FRESCO Y DESHIDRATADO

 FECHA DE MUESTREO : 15/12/2021  
 FECHA DE RECEP. LAB : 15/12/2021  
 FECHA DE REPORTE : 04/01/2022

Item	Número de Muestra			Humedad	Aceit & gras	Fibra cruda	Cenizas	Proteína	Carbohidratos totales	Energía	Calcio	
	Laboratorio	Usuario										%
01	21	12	0259	FRESCO	62.60	0.46	1.10	2.43	1.86	31.55	137.77	....
02	21	12	0260	DESHIDRATADO	6.00	0.50	1.30	2.47	1.96	87.77	363.44	375.00

MÉTODOS:	
HUMEDAD	: Gravimetría a 105 °C
ACEITES & GRASAS	: Extracción según Soxhlet (n-Hexano)
FIBRA	: Digestión ácido-básico; gravimetría
CENIZA	: Calibración; gravimetría
PROTEÍNA	: Kjeldhal (Factor: 6.25)
ACIDEZ	: Volumetría
CARBOHIDRATOS	: Cálculo
ENERGÍA METABÓLICA	: Cálculo
CALCIO	: Digestión HNO <sub>3</sub> -HClO <sub>4</sub> (4:1) / Espectr. Absorción Atómica

Note: El laboratorio no se responsabiliza por la metodología utilizada en el muestreo.

La Banda de Shilcayo, 04 de Enero del 2022

 INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES  
 TARAPOTO - PERÚ

 Cesar Q. Arévalo Sánchez, MSc  
 JEFE DE LAB. DE SUELOS



**Anexo 8. Formato de evaluación sensorial**

PRODUCTO: *Platano Comodeshidratado en rodajas*

FECHA: *05-10-21*

NOMBRES: *Carathian Pisco Pinchi Bocanegra*

HORA: *10:28 am*

Ante usted se le está presentando 13 muestras debidamente codificadas. Pruébalas y califique dichas muestras de acuerdo a las siguientes escalas que se presenta marcando con una X en el calificativo que corresponde:

**ATRIBUTO SABOR**

Puntaje	Calificación	Muestras												
		427	25	121	127	500	175	901	345	40	627	195	85	234
9	Me gusta muchísimo													
8	Me gusta mucho		X						X					
7	Me gusta moderadamente							X		X	X	X		X
6	Me gusta poco			X		X							X	
5	Ni me gusta ni me disgusta	X			X		X							
4	Me disgusta poco													
3	Me disgusta moderadamente													
2	Me disgusta mucho													
1	Me disgusta muchísimo													

COMENTARIOS: *Particularmente todo lo sabores me quedaron a gusto los que me llamaron la atención fueron las muestras 345-25.*

MUCHAS GRACIAS.

# Efecto del lactato de calcio en la deshidratación osmótica de plátano (*Musa paradisiaca*)

*por* Erika Malú Flores García

---

**Fecha de entrega:** 25-oct-2022 03:01p.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 1935261017

**Nombre del archivo:** IAI\_-\_Tesis\_Erika\_Flores\_2022\_-\_UNSM\_CORREGIDO\_-\_15.10.22..docx (7.52M)

**Total de palabras:** 17439

**Total de caracteres:** 91901



# Efecto del lactato de calcio en la deshidratación osmótica de plátano (Musa paradisiaca)

## INFORME DE ORIGINALIDAD

17%

INDICE DE SIMILITUD

15%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://repositorio.unc.edu.pe">repositorio.unc.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
2	<a href="https://repositorio.unsm.edu.pe">repositorio.unsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
3	Submitted to Universidad Nacional de San Martín Trabajo del estudiante	1%
4	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="https://repositorio.uea.edu.ec">repositorio.uea.edu.ec</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="https://repositorio.lamolina.edu.pe">repositorio.lamolina.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Universidad de Caldas Trabajo del estudiante	1%
8	<a href="https://cicytac.cba.gov.ar">cicytac.cba.gov.ar</a> Fuente de Internet	1%