

UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABI
FACULTAD CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL



PROYECTO DE TESIS

TEMA:

“INFLUENCIA DE LA DESHIDRATACION OSMOTICA COMO
PRETRATAMIENTO PARA DESHIDRATACION POR CONVECCION CON
AIRE CALIENTE EN MANGO (*Manguifera indica*)

AUTOR:

CASTELO ESCOBAR DAVID ANDRES

Email: dacast92@hotmail.com

Manta –Manabi –Ecuador

2017

CERTIFICACIÓN

Ing. Mirabella Lucas Ormaza, docente de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, certifica que el egresado **CASTELO ESCOBAR DAVID ANDRES** realizó la Tesis de Grado Titulada “**INFLUENCIA DE LA DESHIDRATACION OSMOTICA COMO PRETRATAMIENTO PARA DESHIDRATACION POR CONVECCION CON AIRE CALIENTE EN MANGO (*Manguifera indica*)**”, Bajo la dirección del suscrito, habiendo cumplido con las disposiciones establecidas para el efecto.

Ing. Mirabella Lucas Ormaza. M.Sc.

DIRECTOR DE TESIS

UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

TESIS DE GRADO

“INFLUENCIA DE LA DESHIDRATACION OSMOTICA COMO
PRETRATAMIENTO PARA DESHIDRATACION POR CONVECCION CON
AIRE CALIENTE EN MANGO (*Manguifera indica*)

Sometida a consideración del Honorable Consejo Directivo de la Facultad de
Ciencias Agropecuarias como requisito para obtener el Título de:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL.

Aprobado por la Comisión:

Ing. Mirabella Lucas Ormaza. M.Sc

DIRECTOR DE TESIS

Ing. María Isabel Mantuano.

MIEMBRO

Ing. Ángel Prado Cedeño .

MIEMBRO

Ing. Edgar Macías Ganchoso.

MIEMBRO

La responsabilidad de la investigación, resultados y conclusiones del presente trabajo, corresponden exclusivamente al autor.

Castelo Escobar David Andrés

DEDICATORIA

A mis padres por ser mi soporte incondicional en mi formación académica, por brindarme su sabios consejos para fortalecer mis andares a mis hermanos que estuvieron en todo momento, por motivarme a no desistir este logro tan importante en mi vida, por compartir mis triunfos y derrotas. Por su ayuda absoluta de cada uno de ellos que fueron parte de ese peldaño para poder culminar con esta etapa de mi formación profesional.

David Andrés Castelo Escobar

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirme culminar este logro tan importante en mi vida.

A la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la universidad laica Eloy Alfaro

De Manabi, por brindarme su ayuda durante mi formación académica, a todo el personal administrativo.

De manera especial a la Ing. Mirabella Lucas Ormaza Director de tesis por su, orientación incondicional y desinteresada que ayudaron durante la ejecución de esta presente investigación.

A los Ingenieros miembros del tribunal por sus conocimientos impartidos durante el desarrollo de esta investigación.

Al Ing. Hebert vera delgado por su aporte desinteresado y oportuno en esta investigación.

Al Ing. Cesar López coordinador de laboratorios de la facultad de ciencias agropecuaria.

A mis compañeros que compartieron gratos momentos durante mi formación académica

ÍNDICE

| | |
|---|-----------|
| CERTIFICACIÓN..... | ii |
| DEDICATORIA | v |
| AGRADECIMIENTO | vi |
| ÍNDICE | vii |
| RESUMEN..... | x |
| SUMMARY | xi |
| I ANTECEDENTES | 2 |
| OBJETIVOS..... | 4 |
| Objetivo general | 4 |
| Objetivo específicos..... | 4 |
| JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA | 5 |
| PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 6 |
| HIPÓTESIS PLANTEADAS..... | 7 |
| II MARCO TEORICO | 7 |
| 2.1 GENERALIDADES DEL MANGO (<i>Mangifera indica</i>)..... | 7 |
| 2.1.1 TAXONOMIA Y DESCRIPCION BOTANICA DE (<i>MANGUIFERA INDICA</i>) | 7 |
| 2.1.2 CLASIFICACION BOTANICA | 8 |
| 2.1.2.1. Fruto | 8 |
| 2.1.2.2. Composición química del mango | 8 |
| 2.2 CONSERVACION DE LOS ALIMENTOS..... | 9 |
| 2.2.1 METODOS DE CONSERVACION POR PERIODOS CORTOS | 9 |
| 2.2.2 METODOS DE CONSERVACION POR ACCION QUIMICA | 9 |
| 2.2.3 METODOS DE CONSERVACION POR TRATAMIENTOS FISICOS..... | 9 |
| 2.3 DESHIDRATACION OSMOTICA (DO) | 10 |
| 2.3.1 FUNDAMENTOS DE LA DESHIDRATACION OSMOTICA..... | 10 |
| 2.3.2 APLICACIÓN DE LA DESHIDRATACION OSMOTICA (DO) EN FRUTAS. | 11 |
| 2.3.3 CONCENTRACION DEL AGENTE OSMOTICO..... | 12 |
| 2.3.4 TEMPERATURA DE LA DESHIDRATACION OSMOTICA. | 12 |
| 2.3.5 VENTAJAS DE LA DESHIDRATACION OSMOTICA..... | 13 |

| | | |
|---------|---|----|
| 2.3.6 | DESVENTAJAS DE LA DESHIDRATACION OSMOTICA | 13 |
| 2.3.7 | TIPO DE AGENTE OSMOTICO | 14 |
| 2.4 | DESHIDRATACION CON AIRE CALIENTE COMO METODO COMBINADO (DAC) | 14 |
| III. | MATERIALES Y METODOS | 17 |
| 3.1 | Ubicación geográfica | 17 |
| 3.2 | Características del laboratorio | 17 |
| 3.3 | Tipo de investigación | 17 |
| 3.4 | Factores en estudio | 17 |
| 3.4.1 | Factor A: fuentes de soluto | 18 |
| 3.4.2 | Factor B: dosis de soluto | 18 |
| 3.5 | Tratamientos | 18 |
| 3.6 | Diseño experimental | 19 |
| 3.6.1 | Análisis estadísticos | 19 |
| 3.6.2 | Prueba de significancia | 19 |
| 3.6.3 | Variables para la medición experimental | 20 |
| 3.6.4 | Materiales ,equipos e insumos a utilizar | 20 |
| 3.6.5 | Metodología | 21 |
| 3.6.5.1 | Características Fisico -químicas | 21 |
| 3.6.5.2 | Análisis de ponderación | 22 |
| 3.6.5.3 | Diagrama de flujo del proceso de DO y DAC en mango. | 23 |
| 3.6.5.4 | Proceso descriptivo de la Deshidratación osmótica y Deshidratación con aire caliente en mango | 24 |
| IV. | RESULTADO Y DISCUSION | 27 |
| 4.1 | Influencia de las concentraciones de solutos en la pérdida de peso por DO. | 27 |
| 4.2 | Influencia de la deshidratación osmótica en la pérdida de peso por deshidratación con aire caliente | 28 |
| 4.3 | Características Fisico Química del mango deshidratado | 34 |
| 4.4 | Resultados de análisis de ponderación de los tratamientos | 35 |
| 4.5 | Costo de energía del proceso | 37 |
| V. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 38 |
| 5.1 | CONCLUSIONES | 38 |
| 5.2 | RECOMENDACIONES | 39 |

| | |
|------------------------------|-----------|
| VI. BIBLIOGRAFIA..... | 40 |
| ANEXOS..... | 46 |

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo analizar la influencia de la deshidratación osmótica como pretratamiento en el proceso de deshidratación por convección con aire caliente; aplicado en mango (*Mangifera indica*). Los métodos utilizados en esta investigación fueron: análisis físico químico iniciales y finales, análisis de ponderación para así conocer el mejor de todos los tratamientos. Durante los análisis físico químico de la fruta fresca y deshidratada se determinaron: humedad inicial y final, PH, °Brix posteriormente las frutas fueron sometidas al proceso de Deshidratación osmótica (DO) con diferentes concentraciones de solutos de sacarosa y cloruro de sodio a 10,15 y 20 % a temperatura ambiente por 3 horas, luego se empleó el proceso de Deshidratación con aire caliente a una temperatura de 60 °C hasta obtener un porcentaje de humedad de 15%. Con los resultados obtenidos se pudo determinar la variabilidad entre valores iniciales y finales de peso y humedad en los procesos de Deshidratación Osmótica y Deshidratación con aire caliente, lo cual se establece que el mejor tratamiento fue el A1B3 con su formulación de sacarosa al 20% de concentración.

SUMMARY

The present research work had to analyze the influence of osmotic dehydration as a pretreatment in the process of dehydration infused with hot air; applied to mango (*Manguifera Indica*). The methods used in this research were: to analyze initial and final physical chemistry, weighting the analysis to know the best treatment of all. During the analysis, the physical chemistry that fresh and dehydrated fruits are determined: initial and final moisture, PH levels, °Brix, and afterwards the fruits were submitted to the osmotic dehydration process (OD) with different concentrations of sucrose solids and sodium chloride at 10.15 and 20% at room temperature for 3 hours. Then, the dehydration process infused with hot air at a temperature of (60°C) to obtain a percentage of 15% moisture content. The investigated results were able to determine the variability between initial and final values of the weight and humidity in the process of Osmotic Dehydration and Hot Air Dehydration, which establishes that the best treatment was the A1B3 and formulation of sucrose at 20% concentration.

I ANTECEDENTES

En el sector agroindustrial actual se aplican diversos tipos de procesos tecnológicos de conservación y entre los más destacados se encuentran los procesos de deshidratación que resultan ser una técnica efectiva, posibilitando la obtención de un producto para el consumo con cierto parecido a su estado en fresco. Lo que facilita un mayor aprovechamiento de las producciones principalmente durante la etapa postcosecha evitando de pérdidas por superproducción **Buestan** (2005); **Douglas**, (2006).

La conservación de alimentos por métodos combinados es una alternativa de procesamiento que permite mantener las características organolépticas del producto final. La deshidratación con aire caliente osmótica a 60 °C, facilita una pérdida de agua de 50% y ganancia de solutos facilitando la velocidad del secado inicial hasta la pérdida parcial o total de humedad final en un lapso de 2 horas 45 minutos. Para el caso específico de las frutas, los métodos de conservación más recomendados son: el método de Deshidratación Osmótica (DO) y el método de Deshidratación por Flujo de Aire Caliente (DAC), mediante los cuales se obtienen productos de buena calidad y aprobación lográndose alcanzar períodos de conservación de hasta un año de duración **Giraldo, et al** (2005).

Ecuador cuenta con 7700ha de cultivos de las cuales se distribuyen; en la provincia del guayas con 85% de la producción nacional, seguido por las provincias de los ríos, Manabi y el oro. 6500ha están destinadas a la exportación y las restantes se distribuyen en otros mercados **Fundación "Mango Ecuador"** (2016).

El deshidratado sobre todo en las zonas rurales es el sistema más efectivo para preservar las frutas. Es una técnica tradicional y además el equipo puede ser de bajo costo. La calidad de una fruta deshidratada se evalúa por la cantidad de degradaciones físicas y bioquímicas que ocurren en ellas y depende de temperatura, el tiempo de secado y de la actividad de agua (aw). El deshidratado reduce el grado de humedad en la fruta deteniendo el crecimiento de microorganismos que son los factores causantes de que la fruta se deteriore. **Fundación Produce Sinaloa, A.C.** (2016).

Con los antecedentes indicados se plantea los siguientes objetivos.

OBJETIVOS

Objetivo general

- Analizar la influencia de la deshidratación osmótica como pretratamiento en el proceso de secado por convección con aire caliente aplicado en mango (*Manguifera indica*).

Objetivo específicos

- Determinar la mejor combinación de concentración y tiempo de secado por convección con aire caliente en los tratamientos.
- Evaluar las características fisico-químicas y análisis de ponderación del Mejor tratamiento frente a mangos deshidratado solo por aire caliente.
- Establecer el costo de energía del proceso de secado por convección con aire caliente en mango sin previa DO vs los tratamientos sometidos a la DO.

JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La conservación de frutas por medio de deshidratación ha sido muy empleada desde los inicios de la industria alimenticia hasta la actualidad por la fácil manipulación del alimento además se puede prescindir del empleo de preservantes y aditivos lo cual favorece el consumo de alimentos sin agentes químicos.

Por lo general el mango siempre se ha deshidratado pero sus componentes nutricionales se ven afectados debido a que el fruto es sometido a altas temperatura sin previo tratamiento que favorezca la disminución de cambios adversos que estabilicen y pueda conservar por más tiempo la fruta. **Giraldo, et al** (2005).

Según **Dauthy**,(1995) La aplicación de la Deshidratación osmótica como pretratamiento permite mejorar las características sensoriales del producto otorgándole un mayor grado de aceptabilidad en el sector agroindustrial, Además de favorecer la prolongación de vida útil, representa un ahorro energético a la hora de someter el producto tratado osmóticamente a secado con aire caliente. **Zapata et al.** (2012).

El Mango es sometido a procesos de conservación para alargar su vida útil en periodos de escasez, con esta investigación se pretende conservar el mango durante muchos meses aplicando procesos adecuados de secado y de esta forma aprovechar la fruta incluso consumirlo en periodos fuera temporada.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el Ecuador se consume el fruto del mango (*Mangifera indica*) ampliamente sin embargo la cosecha supera la demanda ocasionando el desaprovechamiento del mismo, al ser un fruto altamente perecedero por otro lado su cosecha es anual la cual corresponde a los meses de septiembre a enero dependiendo de la variedad.

Lo que incide en que se desperdicie es la poca elaboración de productos en base al mango como materia prima ya que el mayor parte de la producción de esta fruta está destinado al mercado de consumo en fresco, y el desconocimiento de tratamientos postcosecha favorece al deterioro de forma acelerada.

El mayor impacto que tiene en su deterioro es por el mal manejo del cultivo durante su crecimiento ya que al no aplicar estas normas el mango se ve afectado por ciertas plagas como: Mosca del mango (*Anastrepha obliqua*), cochinilla harinosa (*Planococcus citri* Risso) entre otros. **Arjona** (2013). El daño que ocasionan el deterioro del fruto se debe a gran parte al hongo *Fusarium spp* que ataca en la formación vegetativa durante su desarrollo **Reyes** (2013).

HIPÓTESIS PLANTEADAS

La combinación de DO y deshidratación por convección con aire caliente DAC mejora las características físicas-químicas y organolépticas de los mangos deshidratados

II MARCO TEORICO

2.1 GENERALIDADES DEL MANGO (*Manguifera indica*).

En nuestro país La siembra y la exportación de mango se inició hace una década, con una gran acogida en el sector agroindustrial obteniendo así un puesto en el mercado internacional. **Monserate**, (2014-2015).

Las variedades de mango cultivadas actualmente en nuestro país son múltiples y entre las especies más conocidas en nuestro medio son: Edward, Haden, Keith, Kent, Tommy Atkins, en diferentes áreas dedicadas al cultivo del mango se destaca guayas alrededor del 85% de la producción nacional seguido por las provincias de los Rios, Manabi y El Oro. **Magallanes**, (2015).

2.1.1 TAXONOMIA Y DESCRIPCION BOTANICA DE (*MANGUIFERA INDICA*)

El mango pertenece a la familia anacardiaceae que desde sus orígenes se han cultivado en todas las regiones tropicales y subtropicales del mundo crece en un árbol que recibe la misma nomenclatura que el fruto y posee la siguiente descripción taxonómica. **Magrama** (2015).

2.1.2 CLASIFICACION BOTANICA

| | |
|---------------------------|--------------------------|
| REINO: | Vegetal |
| CLASE: | Dicotiledónea |
| SUB CLASE: | Rosidae |
| ORDEN: | Sapindales |
| FAMILIA: | Anacardinae |
| GENERO: | Anacardaceae |
| ESPECIE: | Indica |
| NOMBRE CIENTIFICO: | <i>Manguifera indica</i> |
| NOMBRE COMÚN: | Mango |

(Brito, 2004)

2.1.2.1. Fruto

Se trata de una drupa carnosa que sus pesos varían entre 150gr a 2000gr son de formas redondas ovoides y a veces aplanadas su color varía entre verde o amarillo con tonalidades o realces de rosa-rojizo. **Martinez**, (2006).

2.1.2.2. Composición química del mango

La composición química del mango es una excelente fuente de vitamina E basado en una unidad de 200gr aporta más del 20% cantidad necesaria para un adulto, en su estado de madurez comercial contiene un porcentaje de humedad de 81.8%, contiene carbohidratos 16.4 gr, y fibra con un valor de 07g, aporta tambien con propiedades antioxidantes. **Adolfo & Augusto** (.2014).

2.2 CONSERVACION DE LOS ALIMENTOS

En forma general los métodos de conservación se pueden clasificar en tres etapas: **Calderon Jimenez & Jurado Jimenez**, (2008).

2.2.1 METODOS DE CONSERVACION POR PERIODOS CORTOS

- Refrigeración
- Almacenaje con atmosfera modificada
- Tratamientos quimicos superficiales
- Condiciones especiales de almacenaje

2.2.2 METODOS DE CONSERVACION POR ACCION QUIMICA

- Preservación con sacarosa
- Preservación con cloruro de sodio
- Conservacion por fermentación y salmuera
- Tratamientos con ácido acético

2.2.3 METODOS DE CONSERVACION POR TRATAMIENTOS FISICOS

- Aplicación con altas temperaturas
- Aplicación con bajas temperaturas
- Aplicación de radiaciones ionizantes.

2.3 DESHIDRATACION OSMOTICA (DO)

La Deshidratación osmótica es un metodo de conservacion que permite eliminar el agua contenida en frutas u hortalizas al ponerlo en contacto directo con una solución hipertónica combinada con solutos capaces de generar una presión osmótica alta, lo cual permite prolongar la vida útil y conservar las características sensoriales del fruto. **Dauthy**(1995).

El proceso de DO pasa por varias fases de pseudoequilibrio, en la primera fase la velocidad del flujo del agua desde el producto hacia la solución concentrada es mayor que la entrada de solidos hacia el interior del producto, por lo que al final de las fases se alcanza el equilibrio de la actividad del agua (aw) tanto del producto como de la disolución osmótica **Giraldo, et al**, (2005).

2.3.1 FUNDAMENTOS DE LA DESHIDRATACION OSMOTICA

Los productos osmodeshidratados forman parte de los denominados productos de humedad intermedia, usualmente se llevan a etapas de conservación posteriores. **Fernandes et al** , (2008) según **Ramallo & Mascheroni**. (2010) deben ser consumidos en un periodo de tiempo relativamente corto. Esto hace que uno de los aspectos a mejorar en los productos osmodeshidratados, sea la reducción en la carga microbiana al final del proceso.

Se han realizado diversas investigaciones acerca de la aplicación de la ósmosis en la deshidratación de frutas y hortalizas, para la elaboración de productos de humedad media, reduciendo hasta en un 50% el peso del producto fresco. La utilización de estos productos como materia prima para los procesos de secado, disminuyen el consumo energético y se reducen los

posibles daños por calor, dando al producto una estabilidad suficiente para su conservación. **Jayaraman & Das Gupta** (1995).

Un inconveniente común cuando se quieren alcanzar niveles altos de deshidratación, es el incremento de la ganancia en sólidos, lo cual no siempre es conveniente, debido a que se alteran considerablemente las propiedades organolépticas del producto y se dificulta la eliminación de la humedad, en el caso en que el soluto ganado se acumule superficialmente formando una corteza. **Zapata-Montoya**, (1999).

El requerimiento energético en la osmodeshidratación es menor que en otros procesos de deshidratación, ya que no existe cambio en el estado del agua, además a medida que el producto se deshidrata también se puede impregnar con otras sustancias de interés como: suplementos nutritivos, mejoradores de propiedades sensoriales o conservantes. La mayor parte de la transferencia de agua se produce en las dos primeras horas. **Ramaswamy & Marcotte**, (2006).

2.3.1 APLICACIÓN DE LA DESHIDRATACION OSMOTICA (DO) EN FRUTAS.

El empleo de esta operación de osmosis en la Deshidratacion de frutas se puede conseguir debido a que la mayoría de frutas como la fresa, papaya, mango entre otras cuenta con características preliminares para inducir la osmosis. La presión osmótica presente será mayor en la medida que sea mayor la diferencia de concentraciones entre el jarabe y el interior de los trozos de la fruta. El efecto de esta diferencia se ve reflejado en la rapidez con que es extraída el agua de la fruta hacia el jarabe. **Camacho**, (2002).

2.3.1 CONCENTRACION DEL AGENTE OSMOTICO

La naturaleza del agente osmótico es primordial para establecer el comportamiento del fruto durante los procesos osmóticos de deshidratación. Se han utilizado, en diferentes proyectos gran variedad de agentes osmóticos, principalmente azúcares, como sacarosa, maltosa, glucosa, fructosa, lactosa, maltodextrinas sal común entre otros o mezclas de ellos. **Cháfer et al**,(2001).

Debido altas concentraciones de soluto los procesos de secado con osmodeshidratación son más lentos debido a la formación de una capa de jarabe en la superficie de los tratamientos, lo cual dificulta la salida de la humedad del interior del mango. **Zeluaga , et al** (2010).

2.3.1 TEMPERATURA DE LA DESHIDRATACION OSMOTICA.

Sin embargo, la influencia de la temperatura no es uniforme en cualquier intervalo. Temperaturas comprendidas entre 50 y 60 °C son consideradas como las más óptimas porque no afectan la integridad de los tejidos, garantizan la calidad del producto y son las de mayor interés a nivel económico. Por encima de estas temperaturas la desnaturalización y la pérdida de la actividad biológica celular hacen el transporte mucho más rápido, pero tiene un efecto negativo sobre la estructura del tejido de la fruta y por tanto sobre su textura, así como sobre el sabor y el aroma. **Lazarides**, (2001)

2.3.5 VENTAJAS DE LA DESHIDRATACION OSMOTICA

Las principales ventajas que se relacionan a la Deshidratacion osmótica como pretratamiento previo a métodos combinados de conservacion son los siguientes:

- Eficiente desde el punto de vista energético ya que se lleva a cabo generalmente en condiciones cercanas a la temperatura ambiente.
- No afecta en las características esenciales del producto como el color, sabor, aroma y textura.
- Se puede operar a cantidades mínimas de producto
- La actividad de agua disminuye para inhibir parcialmente el crecimiento microbiano y así prolongar la vida útil del alimento.
- Reduce en gran parte los costos de empaque y transporte al disminuir el peso por eliminación del agua. **(Alzamora, (2005)).**

2.3.6 DESVENTAJAS DE LA DESHIDRATACION OSMOTICA

- El producto puede romperse debido al flujo de la solución deshidratante y a la agitación en el proceso.
- La deshidratacion osmótica concluye cuando se alcanza el equilibrio, sin embargo en proceso industriales se debe detenerse antes debido a los sabores indeseables que puede penetrarse en el producto. **Patricia (2010).**

2.3.7 TIPO DE AGENTE OSMOTICO

Los tipos de soluto más empleados son la sacarosa destinada para frutas y cloruro de sodio para vegetales y carnes, es bien detallar que distintas mezclas de solutos han sido probados como otros agentes y sus combinaciones, la elección dependerá de variables como el costo del soluto, compatibilidad organoléptica con el producto. **Wais et al**, (2005).

2.4 DESHIDRATACION CON AIRE CALIENTE COMO METODO COMBINADO (DAC)

La aplicación de la Deshidratación con aire caliente como tratamiento térmico único, permite procesar cualquier producto alimenticio para la obtención de un producto estable. Sin embargo en algunos alimentos se pueden afectar con su calidad final. Entre ellas podemos mencionar: alteraciones en la forma y la textura del producto; composición y estructura no uniforme, cambios de sabor y aroma, modificación del color, degradación de componentes nutricionales, mala capacidad de rehidratación, etc. **Mascheroni**, (2006).

La Deshidratación con aire caliente como método de conservación de los alimentos consiste en reducir hasta un 15% de su contenido de agua, la diferencia que existe entre el método tradicional se debe a una técnica artificial basada en la exposición frente a una corriente de aire caliente. Como se define la deshidratación con aire caliente elimina el agua disponible de un alimento para lo cual se debe considerar los siguientes aspectos:

- Temperatura
- Humedad relativa del aire
- Velocidad de secado

- Tiempo de secado

Estos parámetros fundamentales están vinculados al tipo de alimento a la temperatura empleada del producto y el tipo de secado. **Calderon et al** (2008) La DO y el secado con aire caliente, como métodos combinados para la conservación de frutas, han sido analizados con el fin de modificar los factores que les generan daño con respecto al tiempo de vida útil del alimento además de inhibir el crecimiento microbiano. **Giraldo et al** (2007).

La cinética del secado empleando aire caliente depende tanto de la geometría y espesor del producto como de las condiciones del aire de secado: humedad relativa, temperatura y velocidad del flujo de aire por lo que para la deshidratación de frutas por este método según **Vega & Fito**, (2005.).Recomiendan utilizar temperaturas entre (40- 65 °C).

Las investigaciones en la temática sobre la influencia de la deshidratación osmótica combinado con deshidratación con aire caliente están muy relacionados con el proceso de conservación, la combinación de dos o más métodos han sido aplicados por un grupo de autores en: naranjas, fruta bomba, mango, piñas entre otras **Amato & Arriaza**, (2011).

Durante su aplicación la eliminación del agua ocurre mediante dos vías: la migración del agua en el interior del material a secar y luego la vaporización de la humedad en la superficie del mango. Esta operación es el más empleado para detallar con más precisión la cinética de secado de los frutos, al igual la transferencia de masa y calor ocurren de manera simultánea y son afectadas por condiciones internas y externas. **Rodriguez**, (2014).

Las ventajas que presenta la deshidratación con aire caliente aplicada en frutos son bien conocidas como: la reducción la humedad del producto que inhibe en gran momento el crecimiento microbiano **Doymaz & Pala** , (2003). Sin embargo los productos alimenticios son sensibles a las condiciones de secado lo cual pueden causar un deterioro de la calidad del producto a través de reacciones de cambios en su apariencia o textura, encogimiento o en las propiedades nutricionales. **Vegas** (2009).

Una de las desventajas de la deshidratación con aire caliente es su elevado costo, con respecto a la deshidratación osmótica como pretratamiento **Maldonado et al** (2003) En los procesos de deshidratación hay cambios y pérdidas de color, ya que se modifican las características superficiales del alimento, así mismo el pardeamiento enzimático que se debe a la polifenol oxidasa esta provoca un oscurecimiento rápido en la parte externas de los tratamientos. **Lee et al** (2006).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Ubicación geográfica

La presente investigación se realizó en el laboratorio de frutas y hortalizas de la facultad de ciencias agropecuaria de la universidad laica Eloy Alfaro de manabi, el mismo que se encuentra ubicado en la ciudad de manta en la ciudadela universitaria vía san mateo en las coordenadas latitud 0° 57S y de longitud 80° 45'O.

3.2 Características del laboratorio

Temperatura: 23 °C

Humedad relativa: 53%

Luminosidad: 90%

3.3 Tipo de investigación

El presente trabajo de investigación es de tipo experimental se evaluó la influencia de la Deshidratación osmótica como pretratamiento para Deshidratación por convección con aire caliente en mango (*Manguifera indica*).

3.4 Factores en estudio

El presente trabajo de investigación es de tipo bifactorial (2x3), por lo cual se trata de dos factores en estudio lo que se detallan a continuación.

3.4.1 Factor A: fuentes de soluto.

A1: sacarosa

A2: sal (cloruro de sodio)

3.4.2 Factor B: dosis de soluto.

B1: 10%

B2: 15%

B3: 20%

3.5 Tratamientos

TABLA 1: La combinación de los siguientes factores en estudio originan los siguientes tratamientos.

| TRATAMIENTOS | CÓDIGO | FUENTE DE SOLUTOS | DOSIS DE SOLUTO |
|--------------|--------|------------------------------|-----------------|
| 1 | A1B1 | sacarosa | 10%(gr/ml) |
| 2 | A1B2 | sacarosa | 15%(gr/ml) |
| 3 | A1B3 | sacarosa | 20%(gr/ml) |
| 4 | A2B1 | Sal | 10%(gr/ml) |
| 5 | A2B2 | sal | 15%(gr/ml) |
| 6 | A2B3 | sal | 20%(gr/ml) |
| 7 | | Testigo sin aplicación de DO | |

3.6 Diseño experimental

3.6.1 Análisis estadísticos

Se utilizó el diseño completamente al azar (D.C.A.) en arreglo bifactorial 2x3, con tres repeticiones para cada tratamiento, dando un total de 21 unidades experimentales. Se realizó un análisis de varianza ($\alpha 0,05$). A continuación se muestra el esquema de análisis de varianza.

TABLA 2: Esquema de Análisis de Varianza

| F. de variación | Grados de libertad |
|--------------------------|---------------------------|
| Total | 20 |
| Tratamiento | 6 |
| Factor A | 1 |
| Factor B | 2 |
| Interacción (AXB) | 2 |
| Testigo vs resto | 1 |
| Error. | 14 |

3.6.2 Prueba de significancia

Para evaluar la diferencia entre los tratamientos cuyo ADEVA presenta diferencia estadísticas, se estableció la comparación de medias a través de una prueba de TUKEY con grado de significancia $P < 0,05$.

3.6.3 Variables para la medición experimental.

a. Analisis fisico-químico.

- Humedad,
- Brix⁰,
- Ph

b. Analisis de ponderación.

- Aroma
- Color
- Sabor

3.6.4 Materiales ,equipos e insumos a utilizar

a. Equipos

- Termo balanza capacidad max.0 -200g(sartorius Moisture MA 45-150)
- Termo balanza capacidad max 0.001g- 50g((Adam Pmb GRMoisture Analyser)
- Selladora al vacio (New Diamond VAC)
- Gramera eléctrica capacidad Max. 0.6 kg, min 0.5g(RadWag)
- Bascula industrial capacidad 50 Kg (Cas Weighing indicator)
- Brixometro digital (Boeco Germany 0-95% escala 0.1%brix)
- Potenciómetro digital modelo (Martini Instrument/ph meter, temperatura/Ec/Tds).
- Deshidratadora eléctrica capacidad 5kg (Nesco american temperatura 60⁰ c).

b. Materiales

- Vaso de precipitación 1000ml
- vasos de precipitación 250ml
- espátula
- cernideras
- bandejas con tapa hermética capacidad 3lt.
- Placas de aluminio para toma de muestras
- Fundas de polipropileno de 120 micras.
- Cuchillos
- Peladora
- Tiras ph Fix 0-14.

c. Insumos

- Mangos var. tommy Atkins
- Agua destilada
- Sacarosa
- Cloruro de sodio (sal común)

3.6.5 Metodología

3.6.5.1 Características Fisico -químicas

- **Análisis de Humedad**

El contenido de humedad del mango Tommy Atkins se determinó mediante termo balanza analítica (Adam Pmb Moisture Analyser, MA45, Startorius Moisture Analyzer). Para determinar la humedad de los tratamientos se procedió a pesar 3 g de muestra para cada tratamiento en las etapas iniciales y finales del proceso.

- **Grados °Brix**

Con la finalidad de evaluar sólidos solubles presentes en las muestras de mango en las etapas iniciales y finales del proceso se utilizó Brixómetro digital modelo Boeco Germany 0-95% escala 0.1% brix, previamente calibrado con agua destilada, luego se procedió a medir los grados brix colocando una gota en el prisma del Brixómetro y se obtiene la lectura.

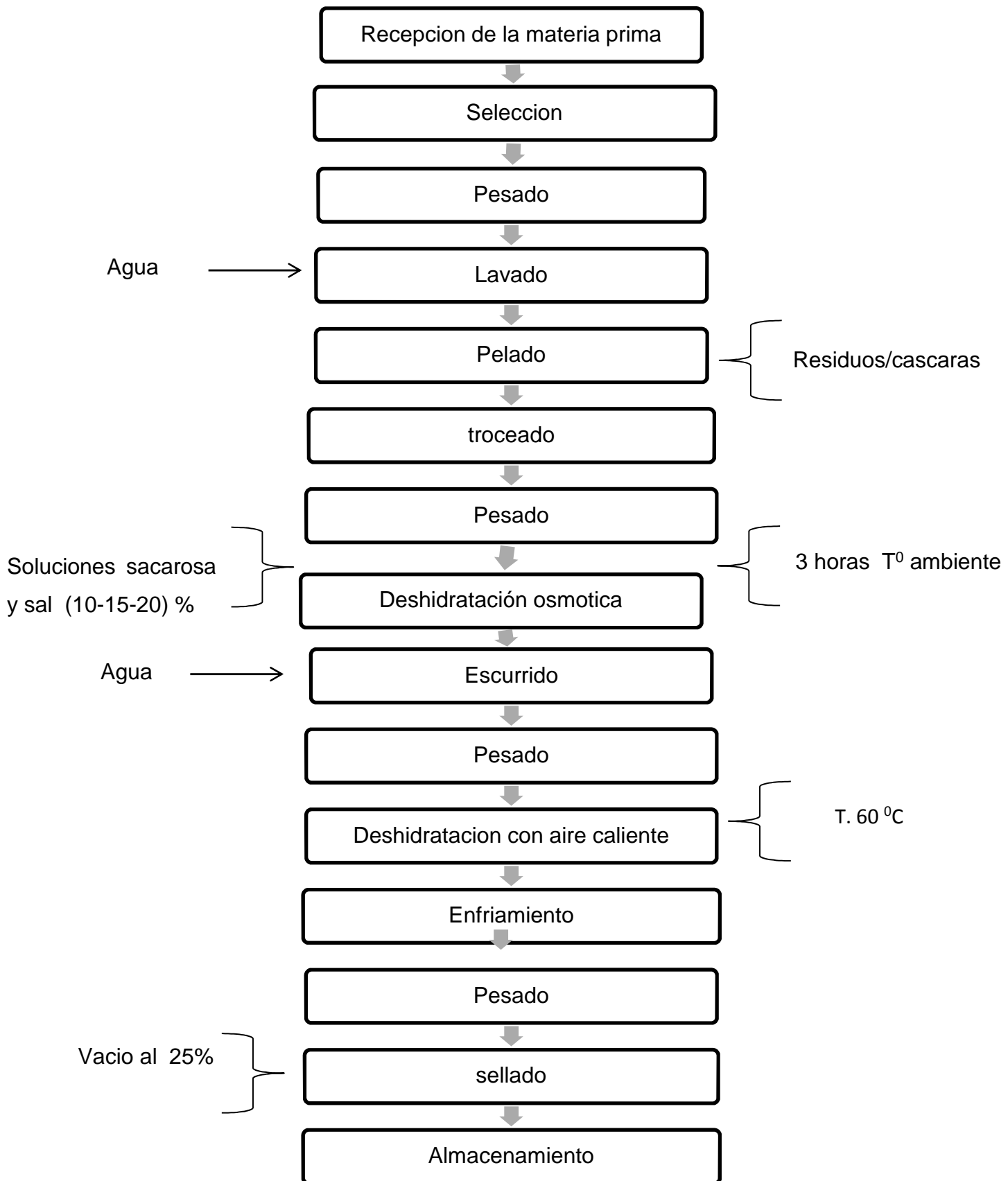
- **PH**

Se determinó empleando un Potenciómetro digital modelo Martini Instrument/ph meter temperatura/Ec/Tds, previamente se maceró la muestra de cada tratamiento en la etapa inicial y final del proceso luego se establecen los valores según indica la lectura de ph.

3.6.5.2 Análisis de ponderación

Se efectuó un análisis de ponderación considerando los siguientes atributos: AROMA, COLOR Y SABOR la misma que se realizó mediante una ficha hedónica donde se detallan cualidades de: menor a mayor, para efecto de rechazo, indiferencia y aceptación: “ligera, moderada, nada, mucho, muchísimo, la evaluación fue realizada usando un panel de 30 jueces no entrenados conformado por estudiantes de la facultad de ciencias agropecuarias de la Universidad laica Eloy Alfaro de Manabí. Cada juez recibió 7 muestras la cual incluye al testigo, lo cual se estableció el mejor de los tratamientos.

3.6.5.3 Diagrama de flujo del proceso de DO y DAC en mango.



3.6.5.4 Proceso descriptivo de la Deshidratación osmótica y Deshidratación con aire caliente en mango.

- **Recepción de la materia prima.-** se receptaron mangos Tommy Atkins en estado de madurez comercial, se realizó una previa inspección de las características de la materia prima para así garantizar la calidad del producto.
- **Selección.-** En esta etapa del proceso se escogieron mangos en buen estado que estaban libres de magulladuras, daños físicos químicos y biológicos. Se descartaron los mangos que presentaron cualquiera de estos factores ya mencionados.
- **Pesado.-** Se pesó la fruta para determinar la cantidad de mangos utilizados en la etapa inicial del proceso.
- **Lavado.-** Este se lo realizó con abundante agua para así eliminar las impurezas, suciedad o residuos presentes en la superficie del mango evitando cualquier tipo de contaminación.
- **Pelado.-** Se procedió a pelar el mango manualmente con la ayuda de un pelador de frutas de acero inoxidable.
- **Troceado.-** El troceado de la fruta se lo realizó manualmente con cortes de tipo juliana de 0.5 cm de espesor.

- **Pesado.-** una vez troceado se procedió a pesar nuevamente los mangos para establecer la cantidad de 300 g para todos los tratamientos en la etapa inicial de la Deshidratación osmótica.
- **Deshidratación osmótica.-** luego se sumergieron los trozos de mangos con dos tipos de solutos de sacarosa y sal comercial a diferentes concentraciones de (10-15 y 20%).se empleó una relación de 1:3 de masa fruta/masa solución para todos los tratamientos, el proceso se llevó a cabo a temperatura ambiente durante un tiempo de 3 horas.
- **Escurredo.-** Durante este proceso se procedió a un drenado de los tratamientos mediante cernideras por un tiempo de 15 minutos con la intención de eliminar la solución osmótica residual presente en la fruta.
- **Deshidratación con aire caliente.-** Los tratamientos fueron sometidos a deshidratación con aire caliente en una deshidratadora eléctrica con flujo de aire a una temperatura constante de 60 °c en todos los tratamientos.
- **Enfriamiento.-** Después del proceso de deshidratación con aire caliente se dejaron enfriar los tratamientos a temperatura ambiente por 5 minutos.

- **Pesado.-** Luego se tomaron datos del peso final de los tratamientos en una balanza electrónica con el objetivo de determinar el rendimiento del proceso de DAC.
- **Sellado.-** Los tratamientos deshidratados fueron empacados en fundas Stand Up con zipper de 120 micras con capacidad de 100 g y posteriormente sellados al vacío al 25%.
- **Almacenamiento.-** El producto se almacenó en cámara de conservación a 4 °C por un periodo de dos meses.

IV. RESULTADO Y DISCUSION

4.1 Influencia de las concentraciones de solutos en la pérdida de peso por DO.

Para el proceso de DO se inició con un peso de 300 g \pm 0.90 debido a que en esta investigación se lo realizó con 300gr para todos los tratamientos a una relación de 1:3 masa fruta/masa solución operando a temperatura ambiente. Donde se observa claramente la pérdida de peso de los tratamientos a 3 horas del proceso, considerando que estos tratamientos llevan diferentes concentraciones de solutos como sacarosa y sal comercial a 10,15 y 20%. Donde se Obtiene los siguientes resultados:

Cuadro # 01 Pérdida de peso en la Deshidratacion osmótica

| TRATAMIENTOS | REPETICIONES | Pesos en la Deshidratacion Osmótica | |
|--------------|--------------|-------------------------------------|----------|
| | | INICIALES | FINALES |
| A1B1 | 1 | 300,88 g | 300,45 g |
| | 2 | 300,10 g | 300,00 g |
| | 3 | 300,00 g | 286,65 g |
| A1B2 | 1 | 300,08 g | 294,42 g |
| | 2 | 300,28 g | 278,81 g |
| | 3 | 300,51 g | 296,43 g |
| A1B3 | 1 | 300,48 g | 257,55 g |
| | 2 | 300,58 g | 247,17 g |
| | 3 | 300,41 g | 233,72 g |
| A2B1 | 1 | 300,54 g | 279,40 g |
| | 2 | 300,04 g | 285,75 g |
| | 3 | 300,49 g | 279,41 g |
| A2B2 | 1 | 300,93 g | 286,91 g |
| | 2 | 300,10 g | 284,50 g |
| | 3 | 300,23 g | 286,82 g |
| A2B3 | 1 | 300,27 g | 274,24 g |
| | 2 | 300,76 g | 291,49 g |
| | 3 | 300,79 g | 283,07 g |

El promedio de pérdida de peso fue 53.41 g siendo el tratamiento A1B3 que corresponde a sacarosa al 20. Esto nos indica **Ramaswany** (2005) que este soluto tiene mayor velocidad de transferencia de masa hacia la solución cuando se utilizan solutos de mayor peso molecular la reducción de agua se incrementa. Sin embargo los cambios más importantes en los parámetros cinéticos de la DO se presentan en los primeros 180 min del proceso, después permanecen en valores relativamente constantes, indicando que el sistema alcanzó el equilibrio. **Zapata et al**,(2012)

4.2 Influencia de la deshidratación osmótica en la pérdida de peso por deshidratación con aire caliente.

La humedad que poseían los tratamientos al iniciar el proceso de DO es de 83.00% \pm 0.50 donde en un estudio realizado por **Zuluaga et al.** (2010) presentaron valores similares de contenido de humedad de 85,48% en los tratamientos. Los resultados de % de humedad se reflejan en el siguiente **cuadro # 02.**

Cuadro # 02 Porcentaje de humedad (%) en la Deshidratación con aire caliente.

ANALISIS DE HUMEDAD (%) EN LA DESHIDRATACION CON AIRE CALIENTE (DAC)

| TRATM. | REPET. | 0:00 h | 0:0.5 h | 1 h | 1:50 h | 2 h | 2:50 h | 3 h | 3:50 h | 4 h | 4:50 h |
|---------|--------|--------|---------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| A1B1 | 1 | 83,05 | 82.14 | 80,84 | 73,34 | 64,94 | 64,27 | 49,69 | 22,99 | 15,72 | 15,65 |
| A1B1 | 2 | 83,58 | 81.74 | 80,04 | 71,44 | 64,94 | 64,27 | 60,29 | 48,55 | 30,25 | 15,34 |
| A1B1 | 3 | 83,68 | 80.64 | 77,84 | 68,64 | 61,04 | 64,27 | 49,65 | 37,75 | 39,55 | 15,70 |
| A1B2 | 1 | 83,40 | 80.74 | 78,04 | 69,64 | 61,04 | 63,03 | 38,85 | 36,25 | 15,70 | |
| A1B2 | 2 | 83,42 | 82.29 | 81,14 | 74,64 | 67,04 | 63,03 | 34,46 | 26,70 | 15,40 | |
| A1B2 | 3 | 83,56 | 81.89 | 80,34 | 72,74 | 64,14 | 63,03 | 37,25 | 28,65 | 14,97 | |
| A1B3 | 1 | 83,47 | 80.24 | 77,04 | 68,44 | 59,24 | 33,16 | 25,90 | 15,63 | | |
| A1B3 | 2 | 83,55 | 79.14 | 74,84 | 67,24 | 58,84 | 33,16 | 27,30 | 15,84 | | |
| A1B3 | 3 | 83,25 | 77.64 | 71,84 | 59,24 | 52,74 | 33,16 | 29,35 | 15,45 | | |
| A2B1 | 1 | 83,05 | 76.84 | 70,24 | 58,94 | 50,04 | 32,99 | 30,70 | 25,89 | 22,25 | 15,10 |
| A2B1 | 2 | 83,02 | 72.24 | 71,04 | 60,44 | 53,24 | 32,99 | 30,40 | 26,76 | 21,30 | 15,28 |
| A2B1 | 3 | 83,08 | 78.51 | 73,59 | 63,99 | 57,03 | 32,99 | 27,77 | 23,32 | 22,18 | 15,08 |
| A2B2 | 1 | 83,48 | 79.29 | 75,14 | 67,54 | 63,94 | 43,68 | 42,20 | 41,20 | 32,97 | 14,27 |
| A2B2 | 2 | 83,39 | 77.64 | 71,84 | 61,14 | 56,54 | 43,68 | 50,18 | 34,14 | 27,55 | 15,06 |
| A2B2 | 3 | 83,43 | 79.54 | 75,64 | 68,74 | 59,84 | 43,68 | 43,60 | 32,15 | 26,05 | 15,10 |
| A2B3 | 1 | 83,00 | 78.55 | 73,66 | 67,19 | 59,59 | 39,80 | 28,40 | 25,25 | 15,25 | |
| A2B3 | 2 | 83,64 | 79.09 | 74,75 | 66,75 | 58,05 | 39,80 | 25,70 | 23,17 | 15,16 | |
| A2B3 | 3 | 83,58 | 78.29 | 73,14 | 61,84 | 52,64 | 39,80 | 33,20 | 28,16 | 15,78 | |
| TESTIGO | 1 | 83,50 | 78.29 | 50,84 | 36,24 | 23,57 | 12,20 | | | | |
| TESTIGO | 2 | 83,56 | 65.99 | 48,54 | 33,26 | 21,50 | 12,00 | | | | |
| TESTIGO | 3 | 83,59 | 65.50 | 45,56 | 30,00 | 22,30 | 12,40 | | | | |

El % de humedad en los tratamientos previamente deshidratados osmóticamente descienden lentamente en comparación con el testigo, esto nos indica de que probablemente se haya formado una capa superficial de la solución osmótica del proceso en la corteza del mango al someter a los tratamientos mediante Deshidratación con aire caliente donde se puede observar los porcentajes de humedad con respecto al tiempo, **Zuluaga et al** (2010). En el proceso de DAC fueron sometidos a una temperatura de 60 °C constantes para todos los tratamientos. Los pesos que se obtuvieron cada 30 minutos del proceso de. Fueron los siguientes: **ver cuadro # 03**

Cuadro # 03 Pérdida de peso en los tratamientos en el proceso de Deshidratación con aire caliente (DAC).

PERDIDA DE PESO EN LAS MUESTRAS (g) EN LA DESIDRATACION CON AIRE CALIENTE (DAC)

| TRATAMIENTOS | REPETICIONES | 0:00 h | 0:0.5 h | 1 h | 1:50 h | 2 h | 2:50 h | 3 h | 3:50 h | 4 h | 4:50 h |
|--------------|--------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| A1B1 | 1 | 300,45 g | 26,3600 | 32,2500 | 42,8200 | 27,0300 | 43,9900 | 39,5000 | 38,8000 | 11,5000 | 7,7000 |
| A1B1 | 2 | 300,00 g | 23,4000 | 30,2000 | 33,1933 | 12,7867 | 49,8200 | 39,8800 | 26,0800 | 21,6200 | 15,9200 |
| A1B1 | 3 | 286,65 g | 26,5000 | 34,8000 | 37,7900 | 14,2800 | 36,3800 | 40,4900 | 26,0700 | 18,5000 | 12,8100 |
| A1B2 | 1 | 294,42 g | 24,3000 | 28,6000 | 44,6300 | 36,3600 | 47,4100 | 36,8200 | 20,0000 | 13,9000 | 0,0000 |
| A1B2 | 2 | 278,81 g | 27,6000 | 29,4000 | 50,0400 | 43,0800 | 17,9900 | 30,1000 | 17,6000 | 27,1000 | 0,0000 |
| A1B2 | 3 | 296,43 g | 29,6300 | 27,3600 | 48,1367 | 39,2833 | 45,6200 | 30,5000 | 19,9000 | 16,9000 | 0,0000 |
| A1B3 | 1 | 257,55 g | 28,6000 | 28,6000 | 45,1333 | 33,0667 | 23,0500 | 32,7000 | 15,7000 | 0,0000 | 0,0000 |
| A1B3 | 2 | 247,17 g | 32,5000 | 33,4000 | 40,3267 | 14,7533 | 32,1900 | 34,3000 | 13,5000 | 0,0000 | 0,0000 |
| A1B3 | 3 | 233,72 g | 29,4500 | 31,2000 | 39,9767 | 19,3033 | 30,3900 | 30,4000 | 8,2000 | 0,0000 | 0,0000 |
| A2B1 | 1 | 279,40 g | 21,3000 | 20,6000 | 39,0067 | 36,1133 | 43,3100 | 29,8600 | 26,1200 | 12,3200 | 12,9000 |
| A2B1 | 2 | 285,75 g | 25,6000 | 23,6000 | 49,6467 | 50,0933 | 27,1800 | 29,1000 | 13,1800 | 9,4400 | 14,7700 |
| A2B1 | 3 | 279,41 g | 24,8000 | 24,6000 | 44,9967 | 40,5933 | 44,0300 | 22,0300 | 12,5700 | 8,1500 | 11,0700 |
| A2B2 | 1 | 286,91 g | 19,4500 | 20,0000 | 34,0533 | 28,6567 | 40,4000 | 26,0900 | 23,4300 | 15,6200 | 22,2500 |
| A2B2 | 2 | 284,50 g | 22,6800 | 21,6390 | 42,0467 | 39,7743 | 39,7100 | 23,8100 | 18,7200 | 12,7900 | 14,4600 |
| A2B2 | 3 | 286,82 g | 25,6000 | 24,3600 | 48,8367 | 47,7133 | 38,2300 | 24,9000 | 17,9300 | 8,8700 | 6,2600 |
| A2B3 | 1 | 274,24 g | 34,6000 | 34,8900 | 49,3800 | 29,2700 | 23,5000 | 19,9000 | 16,2800 | 24,3800 | 0,0000 |
| A2B3 | 2 | 291,49 g | 33,5800 | 30,2000 | 59,4200 | 55,0600 | 20,4900 | 20,9300 | 11,1800 | 21,1500 | 0,0000 |
| A2B3 | 3 | 283,07 g | 39,4000 | 40,0000 | 56,5667 | 33,7333 | 31,2600 | 15,2600 | 12,4600 | 12,0500 | 0,0000 |
| TESTIGO | 1 | 300.08 g | 56,9000 | 75,2000 | 89,3400 | 46,6000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| TESTIGO | 2 | 300.11 g | 45,6300 | 63,0000 | 65,8000 | 92,6100 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| TESTIGO | 3 | 300.13 g | 52,3000 | 78,0000 | 70,9000 | 64,8400 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |

4.2.1 Resultados de analisis de varianza de la pérdida de peso de los tratamientos en el proceso de DAC.

Cuadro # 04 Analisis de varianza de la pérdida de peso de los tratamientos en el proceso de DAC.

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|--------------|----------|-----|---------|-------|---------|
| Modelo. | 34517,61 | 16 | 2157,35 | 13,29 | <0,0001 |
| TRATAMIENTOS | 940,62 | 6 | 156,77 | 0,97 | 0,4498 |
| REPETICIONES | 5,05 | 2 | 2,53 | 0,02 | 0,9845 |
| HORAS | 33571,93 | 8 | 4196,49 | 25,86 | <0,0001 |
| Error | 27911,00 | 172 | 162,27 | | |
| Total | 62428,61 | 188 | | | |

Cuadro # 05 Prueba de comparación de tukey a los tratamientos (α 0,05).

| TRATAMIENTOS | Medias | n | E.E. | |
|--------------|--------|----|------|---|
| TESTIGO | 29,67 | 27 | 2,45 | A |
| A1B1 | 28,54 | 27 | 2,45 | A |
| A1B2 | 27,86 | 27 | 2,45 | A |
| A2B3 | 26,85 | 27 | 2,45 | A |
| A2B1 | 26,55 | 27 | 2,45 | A |
| A2B2 | 26,23 | 27 | 2,45 | A |
| A1B3 | 22,10 | 27 | 2,45 | A |

Cuadro # 06 Prueba de comparación de tukey a las repeticiones (α 0,05).

| REPETICIONES | Medias | n | E.E. | |
|--------------|--------|----|------|---|
| 1,00 | 26,99 | 63 | 1,60 | A |
| 2,00 | 26,89 | 63 | 1,60 | A |
| 3,00 | 26,61 | 63 | 1,60 | A |

Cuadro # 07 Prueba de comparación de tukey al tiempo (α 0,05).

| HORAS | Medias | n | E.E. | | | |
|-------|--------|----|------|---|---|-----|
| 1,50 | 48,99 | 21 | 2,78 | A | | |
| 2,00 | 38,89 | 21 | 2,78 | A | B | |
| 1,00 | 35,36 | 21 | 2,78 | | B | C |
| 0,50 | 31,80 | 21 | 2,78 | | B | C |
| 2,50 | 29,68 | 21 | 2,78 | | B | C |
| 3,00 | 24,69 | 21 | 2,78 | | C | D |
| 3,50 | 16,66 | 21 | 2,78 | | | D E |
| 4,00 | 10,58 | 21 | 2,78 | | | E |
| 4,50 | 4,81 | 21 | 2,78 | | | E |

Sin embargo en el cuadro estadístico # 04 determina que P-valor de los tratamientos, repeticiones y tiempo presentaron los siguientes valores: 0.4498 en tratamiento siendo mayor que (0.05) por lo que se establece no significativo, 0.9845 en repeticiones estadísticamente no significativo siendo mayor que (0.05) en cuanto al tiempo refleja un valor 0.0001 siendo menor que (0.05) donde existen diferencias significativas por lo cual se realizó una prueba de comparación de tukey a las medias del peso con relación al tiempo de los tratamientos. **Ver anexo # 01**

Las primeras 2 horas del proceso demuestra que los tratamientos con sacarosa al 15% y 20% presentaron valores promedio de 50.04 g y 59.42. Esto determina de que posiblemente a mayor concentración de soluto la deshidratación con aire caliente es lenta. Según estudios realizados por **Muñiz** (2012) y **Fernandez** (2011) indican que Los resultados luego de emplear ambos procesos variaron significativamente al aplicar como pretratamiento la deshidratación osmótica esto es debido a la cristalización de los azúcares en la superficie del fruto.

4.3 Características Fisico Química del mango deshidratado

Los Resultados obtenidos durante el proceso de la deshidratación osmótica y deshidratación con aire caliente establecen diferencias en los tratamientos a diferentes concentraciones de solutos de: sacarosa y cloruro o de sodio al (10,15, 20,) %. Valores que se detallan en el siguiente cuadro:

Cuadro # 08 Analisis Fisico Químico del mango deshidratado.

| ANALISIS FISICO QUIMICO DEL MANGO DESHIDRATADO | | | |
|---|--------------|----------------|--------------|
| (DO) | | (DAC) | |
| INICIALES | | FINALES | |
| PH | °BRIX | PH | °BRIX |
| 3,94 | 8,40 | 4,14 | 4,50 |
| 4,23 | 9,30 | 3,83 | 4,40 |
| 4,00 | 4,60 | 3,46 | 4,60 |
| 4,48 | 8,50 | 4,60 | 6,20 |
| 4,54 | 9,50 | 3,10 | 3,30 |
| 3,91 | 12,50 | 4,07 | 4,20 |
| 3,72 | 3,90 | 3,67 | 5,50 |
| 3,78 | 1,80 | 4,16 | 4,80 |
| 3,92 | 1,30 | 3,63 | 4,60 |
| 4,44 | 5,40 | 3,39 | 8,30 |
| 3,92 | 3,52 | 3,42 | 5,80 |
| 3,46 | 3,53 | 3,37 | 8,50 |
| 3,86 | 7,70 | 3,35 | 8,30 |
| 4,14 | 2,40 | 3,58 | 6,80 |
| 3,76 | 3,70 | 3,50 | 7,60 |
| 4,48 | 6,70 | 3,55 | 3,50 |
| 3,76 | 4,75 | 3,54 | 3,10 |
| 3,60 | 5,35 | 3,38 | 3,00 |
| 4,56 | 8,70 | 3,71 | 4,10 |

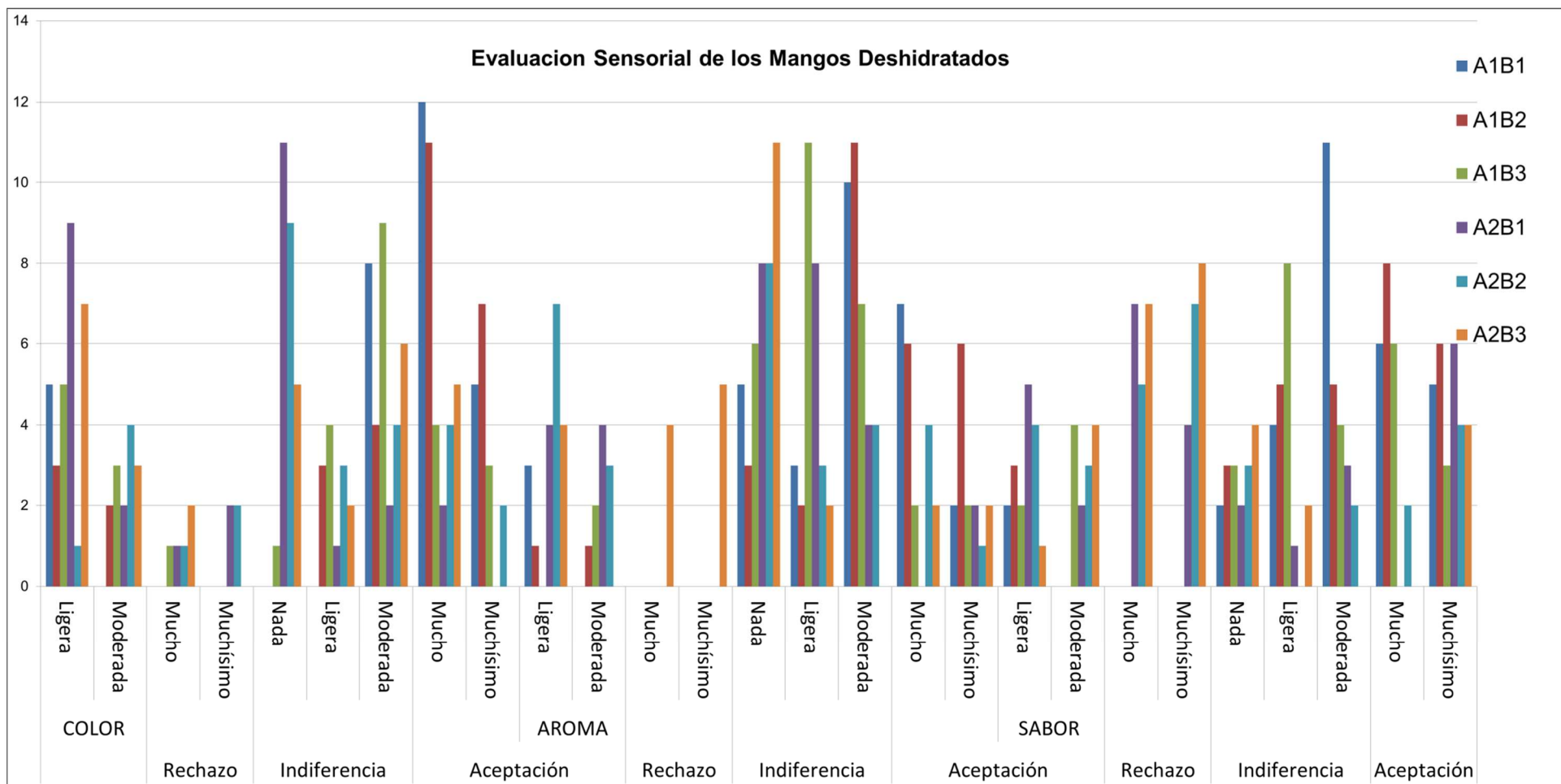
Como se puede observar los °Brix antes y después del proceso de deshidratación osmótica y con aire caliente reflejan diferentes valores, esto se debe no solo existe pérdida de peso ,sino tambien una ganancia de solidos o de sustancias volátiles tales como : aroma. Olor,etc.

4.4 Resultados de analisis de ponderación de los tratamientos.

Para determinar el mejor de los tratamientos se efectuó un analisis de ponderación considerando los siguientes atributos: AROMA, COLOR Y SABOR la misma que se realizó mediante una ficha hedónica **ver anexo # 09** donde se detallan cualidades de: menor a mayor, para efecto de rechazo, indiferencia y aceptación: “ligera, moderada, nada, mucho, muchísimo, la evaluación fue realizada utilizando un panel de 30 jueces no entrenados conformado por estudiantes de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabi. Cada juez recibió 7 muestras la cual incluye al testigo, lo cual se estableció el mejor de los tratamientos.

Según los resultados del analisis de ponderación, el tratamiento A1B2 fue el que presento mayor grado de aceptación en cuanto: AROMA, COLOR, SABOR, lo cual se refleja en el **cuadro # 32** El atributo mas relevante a la hora de escoger por los panelistas es el color, el que mayor impacto causa hacia el consumidor lo cual define dos situaciones entre rechazo o aceptación, la apariencia general y el color estan relacionados con la calidad, el indice de madurez y la degradación del producto **Resende** (2004). La aceptación o rechazo de un producto puede determinarse en base a atributos sensoriales como: sabor, aroma y apariencia, el analisis de aceptación refleja el grado de preferencia de determinado producto por el consumidor **Cardello & Faria**, (2000).

4.4.1 Cuadro # 09 Resultados de Analisis de ponderación de los tratamientos.



4.5 Costo de energía del proceso.

- El Costo del proceso de la deshidratación osmotica(DO) requiere el menor consumo de energia,debido a que se opera a bajas temperaturas lo cual representa un ahorro energetico, sin embargo para la deshidratación con aire caliente es importante dar énfasis a los siguientes parametros como:
 - ✓ Tiempo de consumo
 - ✓ Tarifa por kW/h
 - ✓ Potencia de la deshidratadora

Lo cual se detalla en el siguiente **cuadro: # 10**

Cuadro # 10 Costo del proceso de la deshidratacion con aire caliente

| Descripcion | Kw | Tiempo de consumo (h) | Tarifa x kw/h(\$) | Valor total (\$) |
|----------------------|-------|-----------------------|-------------------|------------------|
| Deshidratadora Nesco | 0.4kw | 4.5h | 0.08095cts | 0.14ctvs |

Donde:

| |
|--|
| $\frac{\text{Watts X horas de uso}}{1000} = \text{Kwh.}$ |
|--|

$$\frac{400\text{watts} \times 4.5\text{h}}{1000} = 1.8\text{kwh}$$

Este cálculo se lo realizó mediante el consumo de los kw/h de la deshidratadora por la tarifa- kw/h y el tiempo empleado del proceso, la deshidratadora posee una potencia de 400watts ,el tiempo empleado fue de 4,5 h y la tarifa basica es de 0.08905ctvs con un valor total del proceso de \$0.14ctvs.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1 CONCLUSIONES.

Como respuestas a los objetivos planteados al inicio de esta investigación y con relación a los resultados se concluye lo siguiente:

- De acuerdo a los resultados se aprecia que el tratamiento A1B3 obtuvo la mejor concentración y tiempo de secado con aire caliente, estadísticamente se diferenció de los demás debido a que alcanzó el porcentaje de humedad deseado.
- El tratamiento que obtuvo mayor ganancia de sólidos en la etapa inicial del proceso de deshidratación osmótica fue el tratamiento A1B2 con valores de 12,50 °Brix, mediante el análisis de ponderación el tratamiento A1B2 obtuvo mayor grado de aceptación en los atributos de AROMA, COLOR Y SABOR por lo tanto esto repercutió en las características organolépticas ya que aumento la palatabilidad del producto.

5.2 RECOMENDACIONES

- En la presente investigación se estudiaron las características físicas y químicas de los tratamientos en aplicación de la Deshidratación osmótica y Deshidratación con aire caliente, por lo cual posteriores estudios deberán evaluar otros parámetros aplicados a este proceso por ejemplo, cinética de DO, ganancia de sólidos, rehidratación, textura.
- Es importante tomar en cuenta el tipo de soluto a emplear en el proceso de Deshidratación osmótica, debido a que existen solutos de bajo y alto peso molecular por la cual establece afinidad con la fruta hacia el jarabe.

VI. BIBLIOGRAFIA

1. Adolfo & Augusto . (2014). Propiedades tecnico funcionales de la fibra dietaria de cascaras de mango(Manguifera indica). *biotecnologia en el sector agropecuario y agroindustrial*, 1(12), 153-160.
2. Alzamora, S. (2005). aplicacion of combined methods technology in mimimally processed fruits. *food research*, 26, 125.
3. Amato, & Arriaza, C. (2011). deshidratacion osmotica y tecnologia de barrerras,. *facultad de ingenieria*.
4. Arjona , C. (2013). Manual tecnico de buenas practicas agricolas en el cultivo del mango. *Food Safety* , 5-25.
5. Brito. (2004). *Procesamiento de Tajadas de mango (Manguifera indica) por deshidratacion osmotica y fritura*. honduras.
6. Buestan. (2005). Inlfuencia de pretratamientos convencionales en el proceso de secado de piña y en las caracterisiticas fisicas del producto final. Guayaquil, Guayas, Ecuador:
7. Calderon Jimenez, M. D., & JUrado Jimenez, E. Y. (2008). Conservacion de Babaco ,mango y pepino dulce mediante deshidratacion osmotica directa. 38-39.

8. Camacho. (2002). *Procesamiento y conservación de frutas por deshidratación osmótica directa*. Recuperado el marzo de 2017, de www.virtual.unal.edu.co/cursos/agronomo_bak/2006228/teoría/obfrudes/pl.htm
9. Cardello, H., & Faria, J. B. (2000). Análise da aceitacao de aguardentes de cana por testes afetivos e mapa de preferencia interno. *Ciencia e Tecnologia de Alimentos*, 20(1), 32-36.
10. Cháfer, M., González-Martínez, C., Ortolá, Chiralt, & P., F. (2001). kinetics of osmotic dehydration in orange and mandarin peels. *journal of food process engineering*, 24, 273-289.
11. Dauthy. (1995). food and agriculture organization of the united nations. *Mircea fruit and vegetable processing. roma:(119)*, 382p.
12. Douglas. (2006). efecto del secado solar en los contenidos de humedad , carbohidratos , carotenoides totales e indice de peroxidos del mesocarpio de la palma Coroba (ATAREA SPP.),. Universidad simon rodriguez (USR), VENEZUELA.
13. Fernandes, linhares, & Rodrigues. (2008). Ultrasound as pre-treatment for drying of pineapple. *Ultrasonics Sonochemistry*. 6(90), 1049–1054.

14. Fernandez, R. (2011). Evaluación de las principales propiedades de calidad de la fruta bomba (Carica papaya L.), variedad Maradol roja deshidratada a través de los métodos de deshidratación osmótica y por flujo de aire caliente. *Trabajo de Diploma (en opción al título de Ing. Mecanización Agropecuaria), Facultad de Mecanización Agropecuaria, UNAH, Mayabeque.*
15. Fundacion "Mango Ecuador". (s.f.). Recuperado el 22 de agosto de 2016, de www.mangoecuador.org/area-cultivo.php
16. Fundacion Produce Sinaloa, A.C. (s.f.). *Técnicas para el manejo de deshidratado del mango.* (C. O. Luciano Pérez Valadez, Editor) Recuperado el VIERNES de agosto de 2016, de www.fps.org.mx.
17. Giraldo, Chiralt, & Firro. (2005). deshidratacion osmotica de mango (Manguifera indica) aplicacion al escarchado. *ingenieria y competitividad*, 7(1), 44-45.
18. Giraldo, Gomez, & Gutierrez. (2007). tratamiento de conservacion del banano por el metodo combinado de impregnacion a vacio y secado. *revista de investigaciones universidad del quindiuo*, 17(1), 9-17.
19. Jayaraman, Das Gupta. (1995). drying of fruits and vegetables en. (h. o. drying, Ed.) 643-691.
20. Lazarides, H. (2001). Reasons and possibilities to control solids uptake during osmotic tratment of fruits and vegetables . (c. ., fito, Ed.) *osmotic dehydration and vacuum impregnation*, 4, 33-42.

21. Lee, & Schwartz, S. (2006). Pigments in plant foods. *engineering boca raton*, 14.1-14.13.
22. Magallanes. (octubre de 2015). "La producción y comercialización del mango en el cantón palestina provincia del guayas: su incidencia en el subempleo. guayaquil, ecuador.
23. Magrama (ministerio de agricultura, a. y. (2015). Obtenido de www.magrama.gob.es/app/materialvegetal/fichamaterialvegetal.aspx?id_ficha=2350.
24. Maldonado, R., Pacheco, E., & Delahaye. (2003). Curvas de deshidratación de brócoli (*Brassica oleraceae* L var. *Italica* Plenck) y coliflor (*Brassica oleraceae* L var. *Botrytis* L). *Revista Facultad de Agronomía*, 20(3), 306-319.
25. Martinez.(2006).<http://www.botanicalonline.com/mangospropiedadesalimentarias.htm>. Obtenido de El mundo de las plantas: <http://www.botanical-online.com/mangospropiedadesalimentarias.htm>.
26. Mascheroni, R. (7-9 de agosto de 2006). Estudios y desarrollos en deshidratación por métodos. *simposio "avances tecnologicos en los medios tradicionales de conservacion"*.
27. Monserrate, (2015). Costo de produccion de la cosecha de mango variedad tommy y kent en la empresa naturisa s.a. división agricola-hacienda la chola, cantón guayaquil. Quevedo, los Rios , Ecuador.

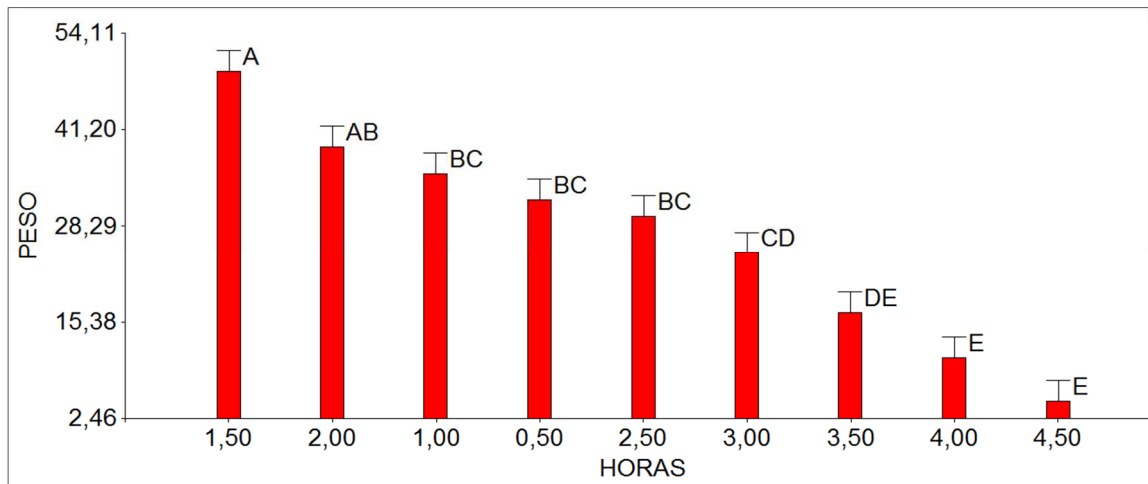
28. Muñiz, S. (2012). Influencia de la temperatura y velocidad de aire durante el secado convectivo de fruta bomba (variedad Maradol Roja) usando osmosis y escaldado simple como pretratamientos. *Tesis (en opción al título de Master en Mecanización Agrícola. Universidad Agraria de La Habana, Mayabeque.*
29. Patricia, R. (2010). Secado de alimentos por métodos combinados: Deshidratación osmótica y secado por microondas y aire caliente.
30. Ramallo, L., & Mascheroni, R. (2010). Dehydrofreezing of pineapple. *Journal of Food Engineering, 99(3), 269-275.*
31. Ramaswamy, M. (2006). Principles and Applications Food Processing. *Boca Raton, F.L: CRC, 233-277.*
32. Ramaswamy. (2005). Stewart Postharvest Review. *Online ISSN: 1745-9656, 1(4).*
33. Resende, J. (2004). Modificações sensoriais em cenoura minimamente processada e armazenada sob refrigeração. *Horticultura Brasileira, 22(1), 147-150.*
34. Reyes Osornio, M. (2013). agentes causales de la malformación vegetativa y floral del mango (*mangifera indica*).

35. Rodriguez, A. (2014). Comparacion de metodos combinados (osmosis directa- microondas y secado convectivo por aire caliente - microondas) para la deshidratacion de frutos del bosque. *universidad nacional de la plata facultad de ingenieria*, 59.
36. Vega, & Fito. (2005.). "Modelado de la cinética de secado del pimiento rojo (*Capsicum annum* L.). *Revista Información Tecnológica*,, 16(6).
37. Vegas, A. (2009). Effect of air drying temperature on physico- chemical properties , antioxidante capacity , colour , colour and total phenolic content of red pepper (*capsicum annum*). *Food chemistry*, 117, 647-653.
38. Wais, Agnelli, & Mascheroni. (2005). Combined osmotic dehydration microwave drying of fruits application to apple cubes. *Mercosur Congress on Chemical Engineering, ENPROMER*, 2a.
39. Zapata, Jose, Rodas, & Alejandro. (2012). Deshidratacon osmotica de laminas de mango (tommy atkings) aplicando metodologia de superficies de respuesta. *Revista Facultad de Quimica Farmaceutica.-*, 65(1), 6507-6518.
40. Zapata-Montoya, C.-Q. (1999). Deshidratacion osmotica de frutas y vegetales. *facultad nacional de agronomia*, 1(52), 451-466.
41. Zuluaga, Rodriguez Cortez, & Rodriguez, S. (2010). Evaluacion de las características físicas de mango deshidratado aplicando secado por aire caliente y deshidratacion osmotica. *Revusta de la facultad de ingenieria*, 25(4), 127-135.

ANEXOS

Anexo 01:

Figura # 01 Representación gráfica de las medias del peso con relación al tiempo de los tratamientos en el proceso de DAC obtenidas en la prueba



de comparación de tukey ($p < 0.05$).

Anexo 02:

Figura # 02 Analisis de varianza de la pérdida de peso en el proceso de deshidratacion con aire caliente.

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|--------------|----------|-----|---------|-------|---------|
| Modelo. | 34517,61 | 16 | 2157,35 | 13,29 | <0,0001 |
| TRATAMIENTOS | 940,62 | 6 | 156,77 | 0,97 | 0,4498 |
| REPETICIONES | 5,05 | 2 | 2,53 | 0,02 | 0,9845 |
| HORAS | 33571,93 | 8 | 4196,49 | 25,86 | <0,0001 |
| Error | 27911,00 | 172 | 162,27 | | |
| Total | 62428,61 | 188 | | | |

Anexo 03:

Figura # 03 Prueba de comparación tukey a los tratamientos (p<0.05).

Error: 162,2733 gl: 172

| TRATAMIENTOS | Medias | n | E.E. | |
|--------------|--------|----|------|---|
| TESTIGO | 29,67 | 27 | 2,45 | A |
| A1B1 | 28,54 | 27 | 2,45 | A |
| A1B2 | 27,86 | 27 | 2,45 | A |
| A2B3 | 26,85 | 27 | 2,45 | A |
| A2B1 | 26,55 | 27 | 2,45 | A |
| A2B2 | 26,23 | 27 | 2,45 | A |
| A1B3 | 22,10 | 27 | 2,45 | A |

Anexo 04:

Figura # 04 Prueba de comparación tukey a las repeticiones (p<0.05).

Error: 162,2733 gl: 172

| REPETICIONES | Medias | n | E.E. | |
|--------------|--------|----|------|---|
| 1,00 | 26,99 | 63 | 1,60 | A |
| 2,00 | 26,89 | 63 | 1,60 | A |
| 3,00 | 26,61 | 63 | 1,60 | A |

Anexo 05:

Figura # Prueba de comparación tukey al tiempo (p<0.05)

Error: 162,2733 gl: 172

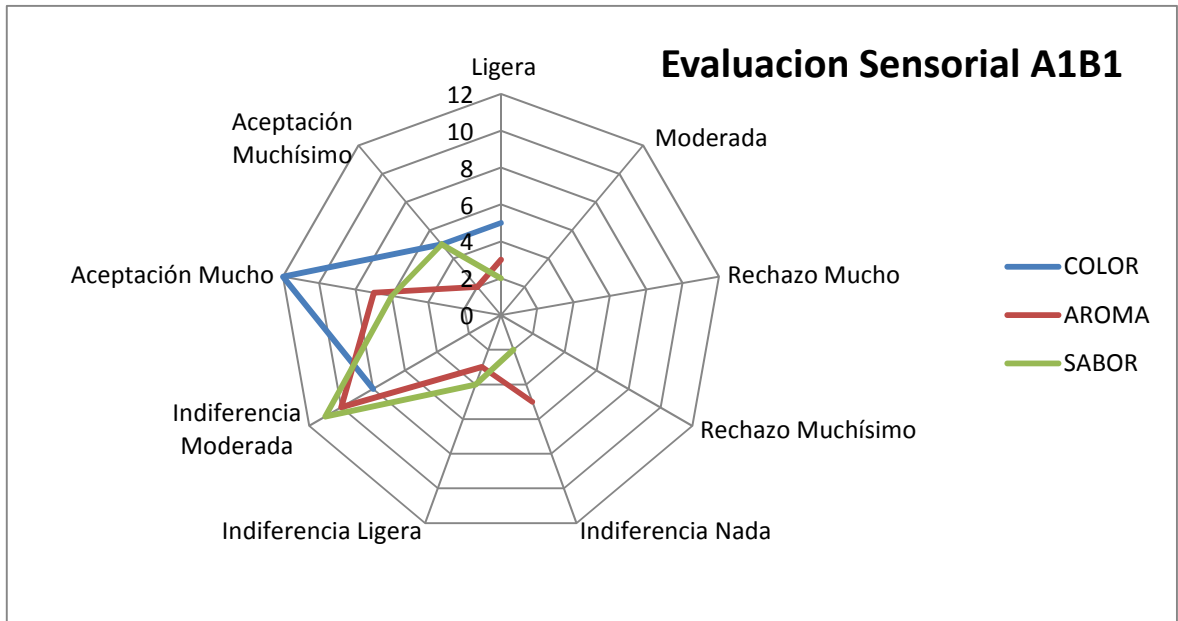
| HORAS | Medias | n | E.E. | | | | | |
|-------|--------|----|------|---|---|---|---|---|
| 1,50 | 48,99 | 21 | 2,78 | A | | | | |
| 2,00 | 38,89 | 21 | 2,78 | A | B | | | |
| 1,00 | 35,36 | 21 | 2,78 | | B | C | | |
| 0,50 | 31,80 | 21 | 2,78 | | B | C | | |
| 2,50 | 29,68 | 21 | 2,78 | | B | C | | |
| 3,00 | 24,69 | 21 | 2,78 | | | C | D | |
| 3,50 | 16,66 | 21 | 2,78 | | | | D | E |
| 4,00 | 10,58 | 21 | 2,78 | | | | | E |
| 4,50 | 4,81 | 21 | 2,78 | | | | | E |

Anexo 06: Fichas de encuesta para el análisis sensorial del mango deshidratado osmoticamente y por deshidratación con aire caliente.

| | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--------------------------|--|--------------------------|--|--------------------------|
| No. Grupo: | <input style="width: 95%;" type="text"/> | Nombre Juez: | <input style="width: 95%;" type="text"/> | Fecha: | <input style="width: 90%;" type="text"/> | | | |
| Nombre del Producto: | | <input style="width: 95%;" type="text"/> | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • En recipientes de plástico frente a usted hay siete muestras de mango deshidratado para que las compare en cuanto a: COLOR, AROMA, SABOR. • Una de las muestras está marcada con una T y las otras con un código. Pruebe cada una de las muestras y compárelas con T e indique su respuesta a continuación, marcando un círculo alrededor del número 1 para MENOS calidad de la muestra que la referencia T, un círculo alrededor del número 2 para IGUAL calidad de la muestra que la T y un círculo alrededor del número 3 para MAYOR calidad de la muestra que T. Luego, marque una X en la casilla frente a GRADO DE DIFERENTE que nota la muestra respecto a T. Si usted selecciona el número 2, entonces deberá marcar el grado de diferencia "Nada". En cambio, si usted selecciona el número 1 ó 3 entonces deberá marcar un grado de diferencia entre "Ligera" hasta "Muchísima", inclusive. • Mantenga el orden, por favor, al comparar: Primero compare la COLOR de las siete muestras con T, luego el AROMA, luego el SABOR. | | | | | | | | |
| Muestra | | | | | | | | |
| COLOR | 1 Nada Ligera 2 Moderada Mucha 3 Muchísima | <input type="checkbox"/> | 1 Nada Ligera 2 Moderada Mucha 3 Muchísima | <input type="checkbox"/> | 1 Nada Ligera 2 Moderada Mucha 3 Muchísima | <input type="checkbox"/> | 1 Nada Ligera 2 Moderada Mucha 3 Muchísima | <input type="checkbox"/> |
| AROMA | 1 Nada Ligera 2 Moderada Mucha 3 Muchísima | <input type="checkbox"/> | 1 Nada Ligera 2 Moderada Mucha 3 Muchísima | <input type="checkbox"/> | 1 Nada Ligera 2 Moderada Mucha 3 Muchísima | <input type="checkbox"/> | 1 Nada Ligera 2 Moderada Mucha 3 Muchísima | <input type="checkbox"/> |
| SABOR | 1 Nada Ligera 2 Moderada Mucha 3 Muchísima | <input type="checkbox"/> | 1 Nada Ligera 2 Moderada Mucha 3 Muchísima | <input type="checkbox"/> | 1 Nada Ligera 2 Moderada Mucha 3 Muchísima | <input type="checkbox"/> | 1 Nada Ligera 2 Moderada Mucha 3 Muchísima | <input type="checkbox"/> |

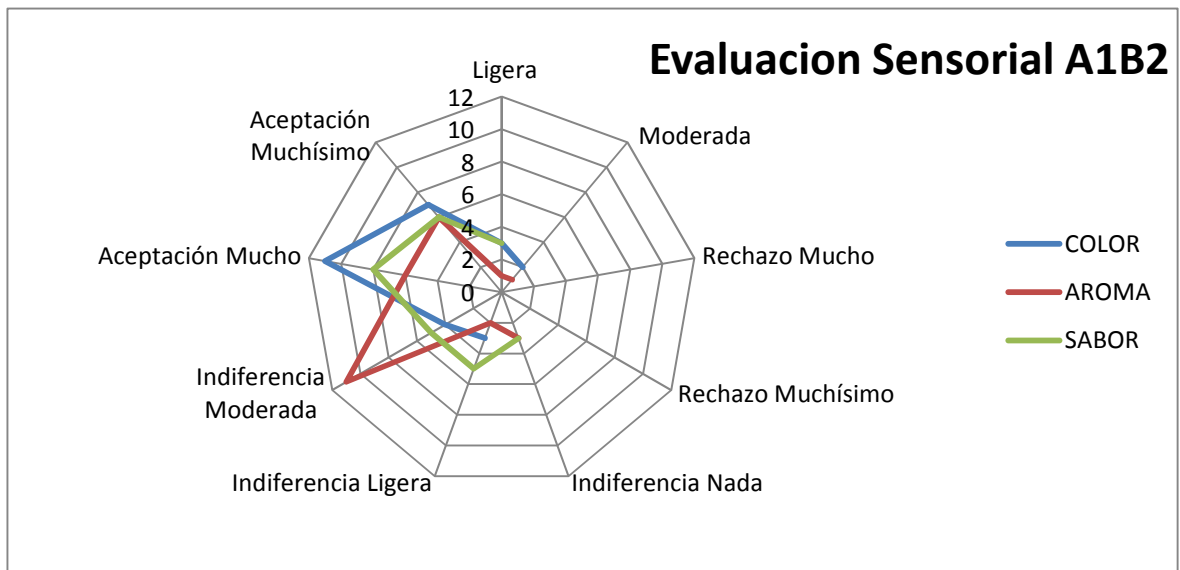
Fuente: Anzaldúa, A. (1994)

Anexo 07: Evaluación sensorial del tratamiento A1B1



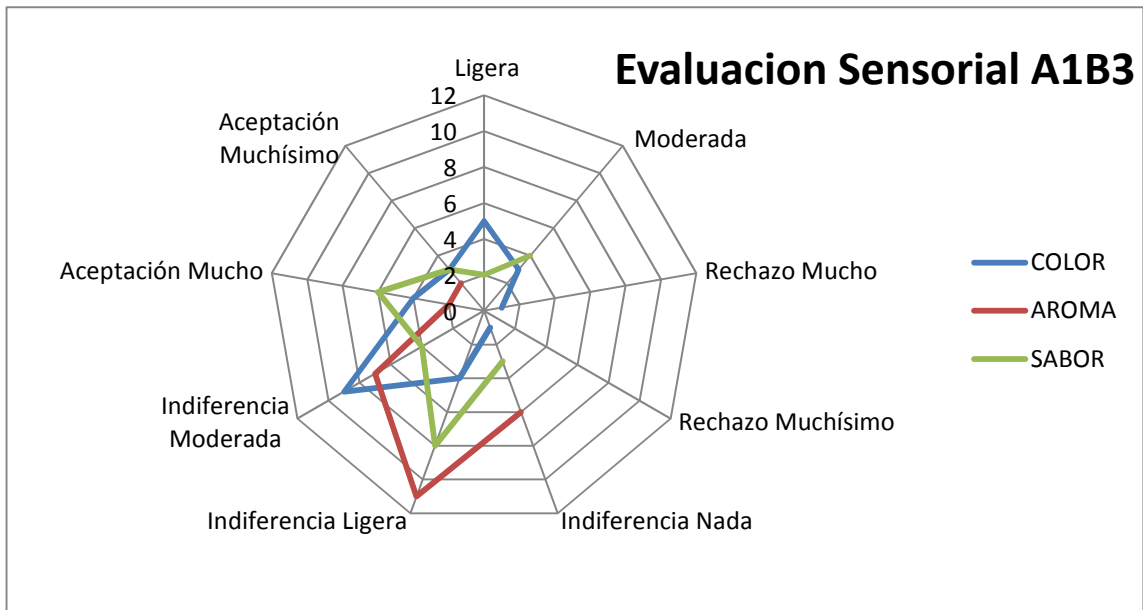
Fuente: Castelo, D. 2017

Anexo 08: Evaluación sensorial del tratamiento A1B2



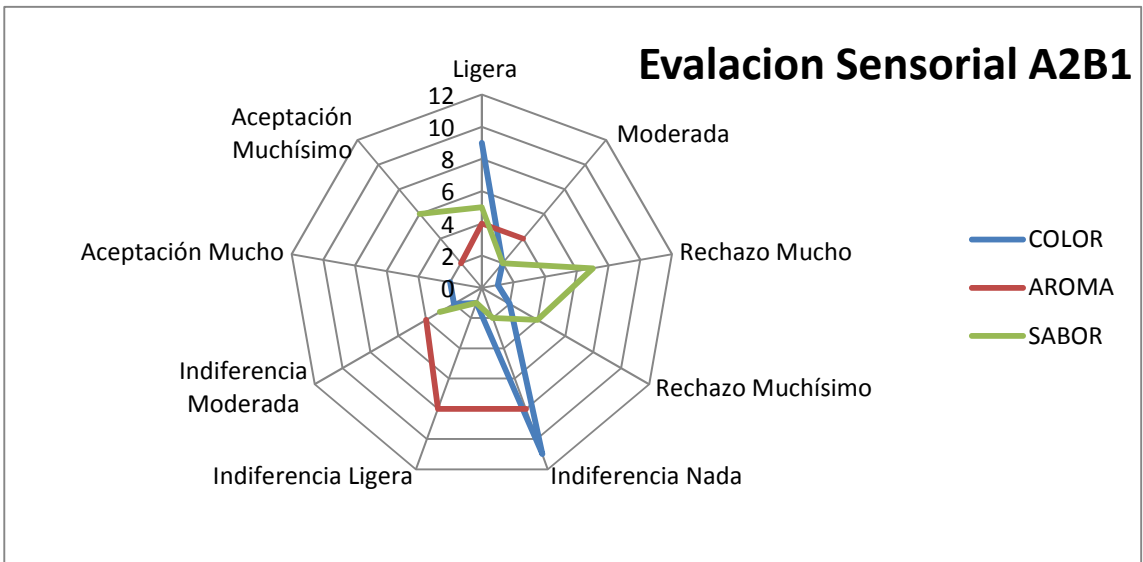
Fuente: Castelo, D. 2017

Anexo 09.: Evaluacion sensorial del tratamiento A1B3



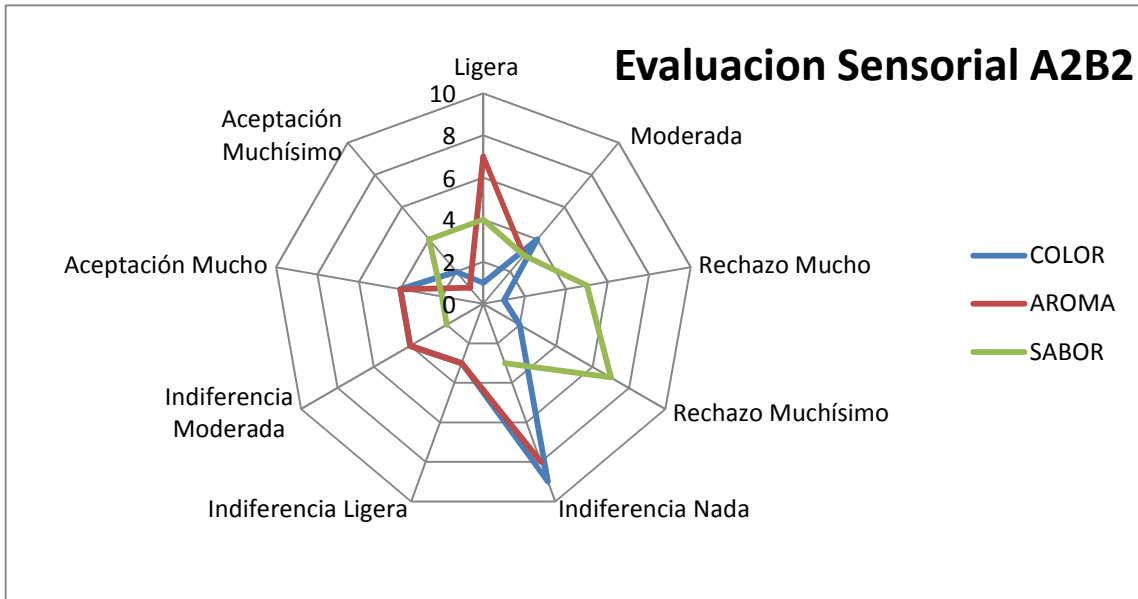
Fuente: Castelo, D. 2017

Anexo 10: Evaluacion sensorial del tratamiento A2B1



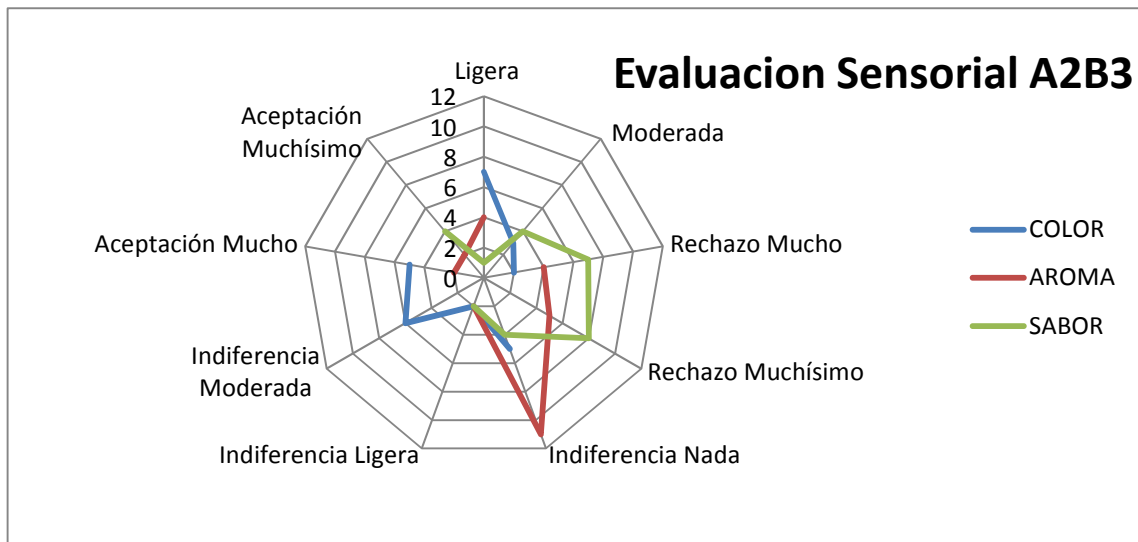
Fuente: Castelo, D. 2017

Anexo 11: Evaluación sensorial del tratamiento A2B2



Fuente: Castelo, D. 2017

Anexo 12: Evaluación sensorial del tratamiento A2B3



Fuente: Castelo, D. 2017

ANEXO 13: pesando 300gr de mango para todos los tratamientos



Fuente: Castelo, D (2017).

ANEXO 14: Lectura de humedad



Fuente: Castelo, D (2017).

ANEXO 15: Medición de ph en las muestras de mangos



Fuente: Castelo, D (2017).

ANEXO 16: Deshidratación osmótica con sacarosa y cloruro de sodio al (10,15 y 20 %) en muestras de mangos.



Fuente: Castelo, D (2017).

ANEXO 17: Los mangos deshidratados osmóticamente fueron colocados en bandejas previamente escurridas.



Fuente: Castelo, D (2017).

ANEXO 18: La deshidratación con aire caliente se realizó a 2 horas para todos los tratamientos



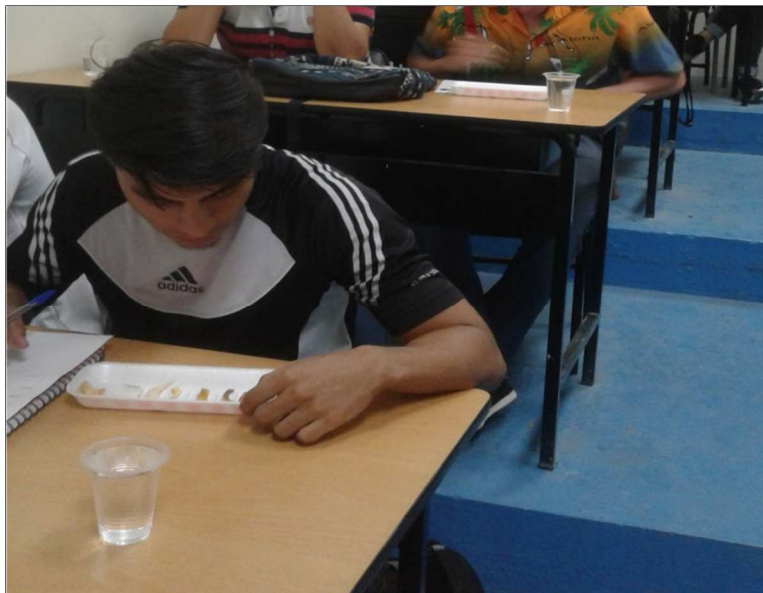
Fuente: Castelo, D (2017).

ANEXO 19: Finalmente se obtienen todos los tratamientos deshidratados y sellados al vacío.



Fuente: Castelo, D (2017).

ANEXO 20: Evaluación sensorial de los tratamientos



Fuente: Castelo, D (2017).