

Tecnológico Nacional de México Instituto Tecnológico de la Zona Maya

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN DE HOJAS Y SEMILLAS DEL RAMÓN (*Brosimum alicastrum* Swartz), BAJO DOS MÉTODOS

**Reporte final de residencia profesional
Que presenta el C.**

GÓNGORA ORTÍZ WILBERTH ALBERTO

Juan Sarabia, Quintana Roo, Junio 2017.

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LA ZONA MAYA

El Comité de revisión para Residencia Profesional del estudiante de la carrera de INGENIERÍA EN GESTIÓN EMPRESARIAL, **Wilberth Alberto Góngora Ortiz**; aprobado por la Academia del Instituto Tecnológico de la Zona Maya integrado por la asesora interna M. en C. Martha Alicia Cázares Morán y el asesor externo el Dr. Víctor Manuel Interián Ku, habiéndose reunido a fin de evaluar el trabajo titulado: **ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN DE HOJAS Y SEMILLAS DEL RAMÓN (*Brosimum alicastrum Swartz*), BAJO DOS MÉTODOS**, que presenta como requisito parcial para acreditar la asignatura de Residencia Profesional de acuerdo al Lineamiento vigente para este plan de estudios, dan fe de la acreditación satisfactoria del mismo y firman de conformidad.

ATENTAMENTE

Asesora Interna


M. en C. Martha Alicia Cázares Morán

Asesor Externo


Dr. Víctor Manuel Interián Ku

Juan Sarabia, Quintana Roo, junio, 2017.

Agradecimientos

Deseo agradecer a mi familia y amigos, que me han motivado , en cada ocasión que he pensado en retractarme, cuando pensaba que está perdido, con su amor, paciencia y palabras de aliento, me han regresado al cauce, impulsándome a lograr mis objetivos, así mismo reconozco todo el sacrificio que hacen, cada desvelo, ausencia, momentos difíciles monetarios o morales, siempre estuvieron para mí, luchando por verme alcanzar mis metas, esto no habría sido posible sin contar con la ayuda de los profesores: M. en C. Martha Alicia Cázares Morán y Dr. Víctor Manuel Interián Ku, los cuales me brindaron su tiempo, paciencia, dedicación y sobre todo su invaluable conocimiento.

Góngora Ortiz Wilberth Alberto.

Resumen

El árbol del ramón se encuentra distribuido mayormente en el sureste mexicano y en América Central, a pesar de ser considerado como un alimento para la engorda de animales, esto se ha modificado con el transcurso de los años, generando interés al conocer que dicho árbol contiene minerales y aminoácidos valiosos para el consumo humano. Su potencial de uso a mediana y gran escala es alto a través del aprovechamiento de la corteza, hojas y semillas; no obstante, se carece de datos exactos sobre el tiempo necesario para eliminar el contenido de humedad de las semillas y hojas, para someterlas a otros procesos que faciliten su uso, conservación y potencial comercialización. En este trabajo, se aplicaron dos métodos para conocer el tiempo necesario para lograr la deshidratación, utilizando una estufa eléctrica y un deshidratador solar, en donde se dispusieron muestras de semillas y hojas, cuyo contenido inicial de humedad fue del 100 %. Los registros indican que con la estufa eléctrica el peso constante se logró en tres días; mientras que para el deshidratador solar se requirió de 16 días. En ambos casos, se obtuvo el 100 % de contenido de materia seca. Se concluye que la estufa tuvo una mejor eficiencia en cuanto a tiempo.

Palabras clave: Deshidratador solar, árbol de ramón, semillas deshidratadas, hojas deshidratadas.

ÍNDICE

ÍNDICE DE CUADROS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
I.INTRODUCCIÓN	1
II.PROBLEMAS A RESOLVER	3
III.OBJETIVOS.....	4
3.1 Objetivo General	4
3.2 Objetivos específicos.	4
IV.JUSTIFICACIÓN	5
V.MARCO TEÓRICO	7
5.1 Historia y evolución de la conservación de alimentos	7
5.2 Relevancia de la conservación de alimentos	7
5.3 Clasificación de los deshidratadores de alimentos	8
5.4 Métodos de conservación de alimentos	10
5.5 Métodos de deshidratado de alimentos	11
5.6 Equipos de secado	12
5.6.1 Estufas de secado	13
5.6.2 Deshidratadores solares	15
5.7 Métodos de deshidratado	17
VI.PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS .	18
VII.RESULTADOS	29
7.1 Número de semillas y hojas de ramón por kilogramo	29
7.2 Comportamiento de la pérdida de humedad de semillas del ramón en los dos métodos de deshidratado	30
7.2.1 Método de estufa de secado.....	30
7.2.2 Método de deshidratador solar	31
7.3. Comportamiento de la pérdida de humedad de hojas del ramón en los dos métodos de deshidratado	32
7.3.1 Método de estufa de secado.....	32
7.3.2 Método de deshidratado solar	33

VIII.CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y EXPERIENCIA PROFESIONAL ADQUIRIDA.....	35
IX.COMPETENCIAS DESARROLLADAS Y/O APLICADAS	36
X.FUENTES DE INFORMACIÓN.....	38

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación de los deshidratadores con base en la transferencia de calor.....	9
Cuadro 2. Número de semillas del ramón por cada kilogramo.	29
Cuadro 3. Número de hojas del ramón por cada kilogramo.	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estufa de secado de convección natural.	14
Figura 2. Estufa de secado de convección forzada (Exterior).	14
Figura 3. Estufa de secado de convección Forzada (Interior).	15
Figura 4. Tipos básicos de deshidratadores solares.	16
Figura 5. Nota de envío del ramón.	19
Figura 6. Recepción de las semillas de ramón.	19
Figura 7. Almacenando la semilla.	20
Figura 8. Localizando un árbol de ramón.	20
Figura 9. Recolectando hojas de ramón.	21
Figura 10. Deshidratador solar instalado.	22
Figura 11. Estufa de secado.	22
Figura 12. Separando las muestras para el deshidratador solar.	23
Figura 13. Separando las muestras para la estufa de secado.	23
Figura 14. Separado de muestras para la estufa y el deshidratador solar.	24
Figura 15. Contando la cantidad de semillas de la muestra.	24
Figura 16. Contando la cantidad de hojas de la muestra.	25
Figura 17. Termómetro higrómetro analógico.	26
Figura 18. Termómetro higrómetro digital.	26
Figura 19. Tomando la humedad de las semillas con el medidor de humedad para grano.	27
Figura 20. Tomando la temperatura de las semillas y las hojas con el termómetro digital.	27
Figura 21. Medidor de humedad para grano.	28
Figura 22. Termómetro digital.	28
Figura 23. Gráfica de medición de la semilla del ramón en estufa eléctrica.	30
Figura 24. Gráfica de medición de la semilla del ramón en deshidratador solar.	31
Figura 25. Gráfica de medición de la hoja del ramón en estufa eléctrica.	32
Figura 26. Gráfica de medición de la hoja del ramón en deshidratador solar.	33

I. INTRODUCCIÓN

El árbol que en la península de Yucatán se denomina ramón (*Brosimum alicastrum* Swartz), se denomina Iximché en Centro América, y se puede traducir al español como “árbol de maíz”, llamado de esta forma debido a las aplicaciones tan variadas que puede tener la semilla, la cual en su pericarpio es comestible y dulce; ésta puede que haya sido la primera forma de consumirlo, sin embargo, la dieta a base de la semilla se extendió de comerse cruda a hervida y tostada hasta que llegó a ser pulverizada para convertirla en harina, es muy probable que los mayas hayan comido tortillas a base de dicha semilla, mezclada en ocasiones con el maíz(Villar, 2006).

El ramón es nativo del sureste de México y gran parte de América Central, aunque se le puede encontrar en el oeste de Jamaica y Cuba (Science, 1975). En México se localiza desde Sinaloa hasta Chiapas, en la vertiente del Pacífico, hasta unos 400 u 800 msnm y de Tamaulipas hasta Quintana Roo, en el litoral del Golfo de México y del mar Caribe, hasta una altitud de 600 msnm, así como en gran parte de la planicie costera del Golfo hasta la Península de Yucatán (Pennington & Sarukhan, 1968; Pardo-Tejeda & Sánchez, 1980; Chavelas & Devall, 1988).

Tanto las hojas como la semilla de ramón, proveen a los seres humanos de una fuente importante de aminoácidos y complementan los carentes en la dieta basada en maíz, típica de México. También es un alimento extremadamente alto en fibra, calcio, potasio, ácido fólico y vitaminas A, B, C y E, además de que es rico en hierro y triptófano, un relajante natural (Pardo-Tejeda & Sánchez, 1980; Chavelas & Devall, 1988).

En la actualidad, el conocimiento del uso del ramón, como un alimento principalmente en tiempos de escasez, ha generado el estigma de ser consumido

por “personas pobres y necesitadas” y que sólo se destina “para animales”, por lo que causa vergüenza admitir que se come y es despreciado.

Otro factor que contribuye a su bajo consumo es la lejanía cada vez más creciente entre las casas y la selva, y el cambio de hábitos hacia los alimentos empacados de bajo valor nutricional. Por lo tanto, la importancia cultural y ancestral del ramón se ha perdido junto a la de otras tantas plantas que provienen de la selva, pues ya no se recolectan, y la enseñanza de sus usos ya no se transmite a las actuales generaciones.

Es importante mencionar que no sólo la madera, las hojas y las semillas de este árbol son importantes, ya que también produce un látex lechoso que el ser mezclado con agua, es fácilmente bebido como suplemento de leche (Villar, 2006).

II. PROBLEMAS A RESOLVER

Debido al crecimiento del interés sobre el árbol de ramón y de sus productos maderables y no maderables, se tiene la inquietud de aplicarles diversos métodos para distintos procesos, a fin de conocer su reacción frente a estos, si bien se conoce el resultado final de productos más comunes de consumo como son las frutas, semillas, especias, etc. tan presentes en la dieta mexicana y de distintos países del mundo, no es así con los frutos y hojas del ramón.

Las investigaciones en hojas y semillas del ramón, así como sus derivados, son incipientes, es por ello que este trabajo se enfoca en conocer su reacción hacia los métodos específicos de deshidratación físicos, los cuales tienen características particulares. Uno de estos se realiza con una estufa estilo autoclave usando la electricidad como fuente de energía y la otra a base de rayos solares, los cuales son muy abundantes en la mayoría de las estaciones del año en Quintana Roo; a través de ambos métodos se conocerán los resultados de pérdida de humedad tanto en las semillas como en las hojas.

De esta forma se sabrá el tiempo que toma llegar a tener un producto totalmente deshidratado usando estas dos fuentes de calor, compararlas, realizar mediciones, conclusiones y aportar nuevas estrategias para su uso eficiente.

III. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Comparar dos métodos para el proceso de deshidratación de hojas y semillas del ramón (*Brosimum alicastrum* Swartz).

3.2 Objetivos específicos.

Evaluar el proceso en un deshidratador solar, para disminuir el contenido de humedad en hojas y semillas de ramón.

Evaluar el proceso en una estufa de secado, para disminuir el contenido de humedad en hojas y semillas de ramón.

IV. JUSTIFICACIÓN

En el ámbito rural de Quintana Roo, la conservación de los alimentos representa un reto para sus habitantes -sea que se hayan cultivado o procesado- dado que la exposición a agentes atmosféricos, contaminación por microorganismos o ataque de plagas, los pone en riesgo (Chavarría, 2012).

Una de las prácticas más comunes entre los pequeños productores para el manejo de los excedentes de sus cosechas, es el secado al aire libre, lo que no está exento de riesgos como la temperatura y humedad ambientales, que impactan directamente en los tiempos de secado, ya que están propensos a rehidratarse por las lluvias o ser comidos por los animales, esto además genera mala calidad del producto, aunado a un trabajo arduo.

Con el desarrollo de procesos sistemáticos de deshidratación, tanto de hojas como de semillas, se tendrán beneficios directos para los productores y sus familias al disminuir pérdidas de sus productos para el propio consumo, eventualmente pueden permitirles el procesamiento y comercialización a baja escala, mejorando su economía.

Debido a que las demandas de los tiempos modernos han evolucionado, los consumidores desean productos que hayan sido mínimamente manipulados y procesados, deseando tener diversos productos de importación y exportación en sus alacenas con un mayor tiempo de vida nutritiva y sobre todo en condiciones higiénicas para su consumo.

Es por ello que la investigación de los comportamientos del deshidratado de los alimentos es un tema de interés no actual si no de los inicios del hombre; se ha ido perfeccionando, pero en su camino ha usado métodos muy agresivos para su resguardo que han dañado no sólo el sabor, sino que los nutrientes se encuentran

de forma dudosa, siendo además métodos costosos y muy especializados inalcanzables para el pequeño productor.

En este contexto, con el presente trabajo se desarrollaron los experimentos necesarios para comparar la efectividad en el secado de hojas y semillas del ramón utilizando un deshidratador solar y una estufa de secado.

V. MARCO TEÓRICO

5.1 Historia y evolución de la conservación de alimentos

Desde la antigüedad, el ser humano ha buscado diferentes maneras de conservar los alimentos ya sea la salazón o el ahumado usados principalmente en las carnes rojas y el pescado, fermentado, etc., los cuales no han dejado de usarse y a la vez, se han ido perfeccionando dando lugar a distintas formas en la preparación de alimentos, todo con el mismo objetivo: alargar la vida nutritiva de los alimentos.

La conservación de alimentos se remonta al Neolítico, época en que el hombre deja la vida nómada, y forma comunidades, convirtiendo a la agricultura en una de sus principales actividades (Quitán & Lucero, 2014). Gallego (2012), indica que el proceso de deshidratación de alimentos es de los más antiguos, el cual tiene origen en los campos de cultivo, inicialmente se dejaban deshidratar en forma natural las cosechas entre ellos se podía encontrar cereales, forraje y otros.

Jiménez (2012), explica que el método artesanal de conservación de alimentos utiliza en ocasiones un secado en bandejas o sobre mallas suspendidas, permitiendo el paso del aire a la vez que recibe radiación solar; sin embargo, en cuanto a la calidad es poco regular, ya que se contaminan con polvo, impurezas, hongos, insectos o contaminantes transportados vía área.

5.2 Relevancia de la conservación de alimentos

En un tiempo, para conservar los excedentes de las cosechas de las épocas de abundancia, se agregaba a los alimentos sal, humo, azúcar o vinagre, si bien es cierto que estas técnicas se siguen utilizando, evolucionando e industrializando, los tiempos modernos exigen productos idénticos a los frescos, mínimamente procesados y máximamente con garantías sanitarias; sobre todo, cuando de masificación del consumo se trata.

Manifestó Desrosier (1975), que la reducción del contenido de humedad puede realizarse en varios tipos de deshidratadores, para el uso de estos, es necesario considerar la naturaleza del producto, su forma, el producto final, la economía y las condiciones de operación.

Crapiste (1991) señaló que, en frutas y hortalizas, la deshidratación puede lograr una reducción en volumen de entre 75% y 85%, dependiendo de la porosidad del alimento, y Jiménez (2012), comenta que este tipo de proceso aporta un mayor valor comercial al producto final.

La deshidratación de alimentos es un proceso que se ha logrado industrializar, permitiendo un mejor tratamiento y comercialización (Portal de Energías Renovables, 2013); sin embargo, los costos son elevados, debido al uso de energía eléctrica o fósil. Es por ello que la necesidad de desarrollar una estrategia de secado para hojas y semillas, a través de dos métodos de secado, permitiría contar con beneficios económicos, sociales, laborales en empresas rurales; además, el ambiente no se vería afectado con contaminantes.

Actualmente, debido a que los métodos de conservación de todo tipo de alimentos es muy variado y extenso, y su naturaleza de resguardo y larga vida útil es amplio, permite que sean usados por ejemplo, por la milicia en caso de desastres naturales, esto debido a que su transportación es más sencilla por el poco espacio y peso que representan para su movilidad.

5.3 Clasificación de los deshidratadores de alimentos

La deshidratación es un proceso que tiene mucho tiempo de existir, este se le ha copiado a la naturaleza y se ha adaptado a la industria, si bien es cierto que se le han introducido mejoras para una correcta ejecución y resultados, tal ha sido su éxito que se ha diseñado en variadas formas, es por ello que es importante conocer su clasificación.

De acuerdo con Araya-Farias & Ratti (2009), la clasificación de los deshidratadores de alimentos se puede realizar de acuerdo a los siguientes criterios:

- Tipo de operación: Pasivo o continuo.
- Presión de operación: Vacío, presión atmosférica o alta presión.
- Modo de transferencia de energía: Conducción, conservación, radiación, por radio frecuencia o una combinación de lo anteriores.
- Estado del producto antes de la deshidratación: Estacionario, en movimiento, agitado, fluido o atomizado.
- Tiempo requerido: Poco, menos de un minuto; medio, de uno a 60 minutos; largo, mayor a 60 minutos.

Pero también se pueden clasificar de acuerdo al método de transferencia de calor como se muestra en el cuadro 1.

Cuadro 1. Clasificación de los deshidratadores con base en la transferencia de calor.

Directos		Indirectos	
Discontinuos			
1)	De circulación penetrante	1)	De paila agitada
2)	De bandeja y comportamiento	2)	Rotatorios al vacío
3)	Secador rotatorio tipo Guardiola	3)	De anaquel al vacío
4)	Deshidratadores de bandejas o armarios	4)	De rodillos
		5)	Superficie caliente
Continuos			
1)	De túnel	1)	De tambor
2)	Rotatorios	2)	De cilindro
3)	De circulación penetrante	3)	Con transportador helicoidal
4)	Por aspersion	4)	Rotatorios
5)	De transmisión neumática	5)	De bandejas rotatorios
6)	De bandejas	6)	Tipos especiales
7)	Cinta sinfín		
8)	Rotatorios		
9)	De lecho fluidizado		
Atomización			

Fuente: Colina (2014); Araya-Farias & Ratti (2009); Rodríguez (2016).

5.4 Métodos de conservación de alimentos

Como ya fue mencionado, la necesidad de disponer de alimentos por más tiempo en condiciones idóneas para su consumo, llevó a nuestros antepasados a conservar los alimentos con diferentes métodos, para extender la caducidad y facilitar su almacenaje.

A decir de Hernández (1999), los métodos de conservación se pueden dividir en dos grandes grupos: físicos y químicos.

a) Los físicos, estos modifican mucho menos el valor nutritivo y la calidad sensorial que los químicos pero su coste energético es elevado.

Los métodos físicos-térmicos buscan obtener resultados positivos al máximo, destruyendo a su paso los microorganismos y enzimas dañinos para el ser humano y su salud, es decir, que se tienen dos variables básicas que son el tiempo y la temperatura, los cuales se ajustan para garantizar las condiciones higiénicas pertinentes y los cuidados de los nutrientes.

b) Los químicos, son tratamientos de conservación que adicionan sustancias logrando que estas ocasionen una transformación del producto, todo esto gira en torno a la disminución del pH, mejorando la estabilidad y conservación de los alimentos, utilizando recursos tecnológicos.

Un ejemplo de estos es la salazón, la cual consiste en colocar sal al alimento para disminuir el pH, creando una oposición directa al desarrollo de microorganismos; a su vez, la adición de azúcares, curado, ahumado y la acidificación, están identificados también como procesos químicos (Costenbader,2001).

Métodos de deshidratado de alimentos

De acuerdo con lo señalado por diversos autores en IICA(1980), la deshidratación es el método más utilizado para conservar alimentos debido a que de forma natural se realiza en granos y cereales, pero en ocasiones las condiciones climáticas no son idóneas para que sequen los diferentes alimentos, es por ello que se han diseñado deshidratadores para estos casos.

En el proceso de deshidratación, se deben considerar variables tales como: humedad, peso, tiempo y temperatura (Hernández, 2010).

Se habla de manera indistinta de deshidratado y desecado; sin embargo, hay diferencias significativas entre ambos procesos; se le conoce como deshidratación a un proceso creado y controlado por el hombre, mientras que la desecación ocurre de forma natural y el condiciones adaptadas al medio ambiente (IICA, 1980).

De acuerdo con IICA (1980), a la deshidratación en comparación con el desecado se le pueden encontrar diversas ventajas y desventajas, tales como:

- La deshidratación puede ser supervisada y controlada, la desecación está a la disposición del ambiente.
- Los productos deshidratados son de mejor calidad en comparación de los desecados.
- La deshidratación requiere menos espacio para ser realizada.
- La desecación impide llevar un control sanitario correcto permitiendo que el polvo, insectos, pájaros y roedores contaminen el producto.
- Los procesos del deshidratador son costosos, pero tiene un valor de mercado más alto comparado con el desecado, generando mayores utilidades.
- La desecación desarrolla un mejor color de fruta inmadura, porque durante ese proceso la fruta continua madurando.

- La deshidratación no requiere un sitio específico para ser iniciada, a diferencia de desecado que requiere condiciones específicas.

Para Desroiser (1975), los procesos de deshidratación más comunes son:

- Proceso adiabático.
- Proceso no adiabático.
- Proceso de deshidratación osmótica (osmodeshidratación).
- Proceso de deshidratación natural.

Equipos de secado

Según Bello (2000), la eliminación de agua de los alimentos suele ser en forma de vapor, escapando hacia la atmósfera, en este proceso se encuentran dos mecanismos:

a) La transferencia de calor: esta es la energía que se aporta a las moléculas convirtiéndolas en vapor.

b) La transferencia de masa: esta ocurre cuando el vapor de agua pasa por el alimento, para salir a la superficie.

Este mismo autor menciona que en el ámbito de la industria alimentaria, el deshidratado se realiza con equipos especializados conocidos como deshidratadores, los cuales se encuentran de forma variada en el mercado; todos ellos buscan ofrecer el deshidratado óptimo, en su mayoría utilizan el aire caliente para realizar dicha función, controlando la humedad relativa.

Para su organización Bello (2000), clasificó los equipos de la siguiente manera:

- Deshidratadores solares: Naturales(directos, semiindirectos),semiartificiales y asistidos.

- Secados por gases calientes: De hecho, de bandeja o armario, de túnel, de cinta transportadora, rotarios, de lecho fluidizado, por arrastre neumático y por atomización.
- Secado por conducción: De bandeja a vacío, de tornillo sin fin y de rodillos.
- Otros: Hornos microondas y deshidratadores osmóticos

5.6.1 Estufas de secado

Son equipos que utilizan para secar y esterilizar en el laboratorio, se identifica de la misma manera como un horno de secado, se han desarrollado dos tipos de estufas: la de convección natural y las que funcionan con convección forzada (Equipos y Laboratorio de Colombia, 2011).

Rolle (2006) explica que la convección natural (Figura 1) es un movimiento de ascensión de un líquido o un gas que a medida que su densidad disminuye se calienta, un ejemplo de este es el agua de una olla. Los casos de convección natural presentan características en común:

- Se calienta parte de un líquido o un gas.
- El líquido o el gas disminuye su densidad al calentarse, aumentando su temperatura.
- La fuerza de flotación, entra en acción para que el líquido caliente y menos denso suba en una región donde hay gravedad.

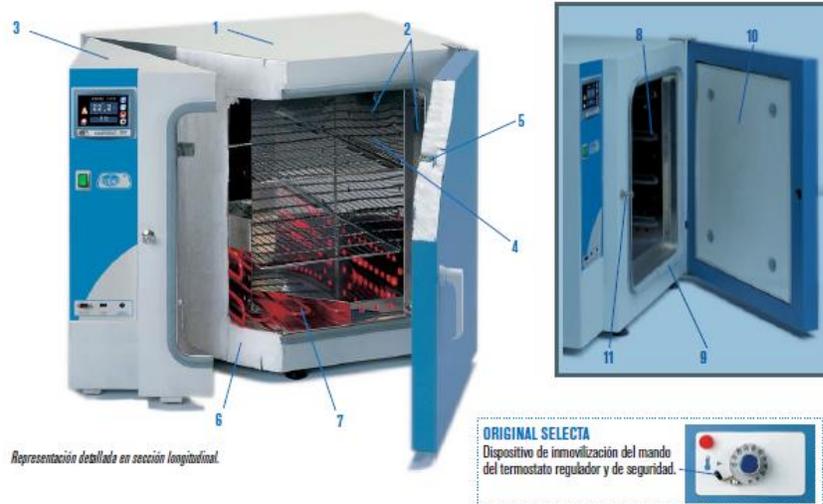


Figura 1. Estufa de secado de convección natural.

Fuente: Grupo selecta (2017).

Expone García (2005) que la convección forzada (Figuras 2 y 3) ocurre cuando se forzará al líquido a pasar por la superficie del sólido que se desea desecar, con ayuda de ventiladores o agitadores, en esta no participa la gravedad, obteniendo velocidades de deshidratación mayores que con la convección natural, por lo tanto el rendimiento es mayor.



Figura 2. Estufa de secado de convección forzada (Exterior).

Fuente: Isotherm (2017).

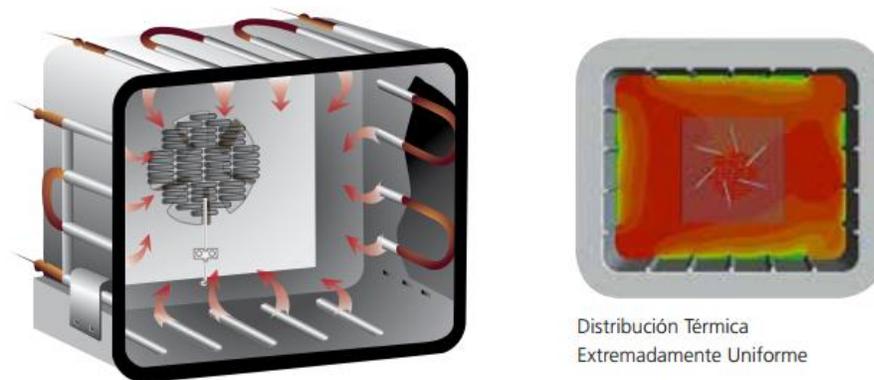


Figura 3. Estufa de secado de convección Forzada (Interior).

Fuente: Isotherm (2017).

Según Casado (2012), las estufas de secado son equipos eléctricos que logran alcanzar temperaturas de 200 grados centígrados, teniendo un sistema de circulación de aire, que permite sacar de la estufa la humedad extraída del sólido aportando calor al objeto, incluye en su interior una o más charolas para colocar los objetos de muestra. Cuenta con controladores que regulan y ajustan la temperatura durante el proceso.

5.6.2 Deshidratadores solares

La deshidratación por radiación solar, es el sistema más antiguo y sencillo; este mecanismo cumple con diversas demandas del mundo actual: ahorro de energía, protección al ambiente y fácil manejo.

Para efectuarla, se han diseñado gran variedad de equipos, los cuales utilizan la radiación solar para calentar el aire y de esta forma retirar el agua de las frutas, verduras, semillas, carnes, hierbas, hojas o madera; los alimentos deshidratados pueden permanecer hasta un año sin perder sus propiedades nutritivas.

Los secadores solares ofrecen un secado más concentrado ya que guardan la temperatura en su interior y una humedad relativa más baja que el secado a cielo

abierto; asimismo, el riesgo de contaminarse con levaduras, hongos, insectos y contaminantes por vía aérea, es realmente bajo (Corpoica, 1999), aunado a esto, evita el rehidratado por lluvias, lo cual es un retroceso en el procedimiento.

Se han diseñado varios modelos de deshidratadores solares: dispositivos estacionarios y portátiles, de deshidratación directa, indirecta y mixta, de funcionamiento fotovoltaico, existen de colector y de armario (estos son los más comunes), hay modelos que unen la energía solar con gas o electricidad dando lugar a los híbridos (Ortiz, 2014). En la figura 4, se ejemplifican los tipos básicos de deshidratadores solares.

Tipos básicos de deshidratadores solares		
Tipo de Deshidratador	Descripción	Esquema del Modelo Básico
Cabina directa	La cámara de secado es de vidrio (o cubierta transparente) y no usa un colector solar por separado	
Cabina indirecta	Se usa un colector solar que está separado de la cámara de secado y ésta no tiene superficies transparentes	
Modelo combinado	La cámara de secado está hecha de vidrio (o cubierta transparente) parcial o totalmente, y usa un colector solar por separado	
Túnel	Normalmente se usa un armazón metálico con 1 ó 2 capas de plástico vidriado. Generalmente se trata de un secador directo, pero puede ser indirecto si el plástico de la capa más interna es negro	
Túnel bajo	Secador directo semejante al anterior pero se construye más cercano al suelo y normalmente sólo contiene una sola capa de producto	
Tienda	Deshidratador solar directo con un marco recto en lugar de curvado	
Arcón (bin)	Cualquier deshidratador nominalmente indirecto, pero con flujo de aire forzado por convección que puede secar capas profundas (normalmente 300 mm ó más) de producto.	

Figura 4. Tipos básicos de deshidratadores solares.

Fuente: Biorenaces (2017).

5.7 Métodos de deshidratado

A decir de Luzardo (2011), uno de los métodos a aplicar para el proceso de deshidratado es el siguiente: iniciar con el pesado de la muestra, precalentar los aparatos de deshidratado a la temperatura que se establezca en el proyecto, ingresar la muestra al proceso; después de un tiempo establecido por el investigador, se tomarán nuevamente datos de pesado, para conocer la pérdida de peso, esto se repetirá cada determinado tiempo, debe detenerse cuando la diferencia de dos o más registros sea menor a 0.0006g, de esta forma, se dice que se ha llegado a peso constante; este dato ayudará a determinar la pérdida de humedad o de agua de la muestra.

El agua perdida de la muestra se divide en tres según Colinas (2014), en las primeras horas del deshidratado se detecta un gran porcentaje de pérdida de peso, esto corresponde al agua libre, agua que está de forma abundante en las muestras y que es de muy fácil evaporación, siguiente a esta, se encuentra el agua débilmente ligada, que si bien es difícil de ser extraída tan sólo llevará un poco más de tiempo para ser removida de las muestras.

La última etapa de remoción de humedad es el agua fuertemente ligada, esta es imposible de quitar por los medios físicos de deshidratado, debiendo usar métodos químicos para su erradicación, aunque ello daña gravemente los nutrientes, texturas y sabores de la muestra, alejándola demasiado de su apariencia original, siendo además más costosa y requiere mano de obra especializada. Lo anterior se resume en pérdida de humedad en las muestras a través del tiempo.

VI. PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

Para dar cumplimiento a los objetivos de este trabajo, en un primer momento, se efectuó una investigación documental sobre distintos procesos de deshidratación de semillas y hojas, aunado a los factores externos que intervienen en el proceso de deshidratación. Con todo ello, se realizó la medición requerida para obtener los resultados según la metodología propuesta.

En la siguiente fase de proyecto, se determinaron y acondicionaron las muestras de semillas y hojas sujetas al proceso; asimismo, cada muestra se sometió a los métodos de deshidratación motivo del presente estudio, registrando en tiempos establecidos variables tales como temperatura, humedad y peso, por cada uno de los métodos; asimismo, se registraron de forma manual para posteriormente ser digitalizados en los diferentes procesadores de texto, para hacer más fácil la presentación, interpretación y discusiones que aquí se presentan.

Para esta investigación, la idea inicial fue utilizar semillas y hojas de la región; sin embargo, por la temporada no fue posible conseguir semillas en la entidad y fue necesario adquirirlas en un vivero forestal en el estado de Yucatán; el envío tardó alrededor de una semana con el precio de 150 pesos por kilogramo, y 120 el envío, se solicitó la cantidad de 3 kilos para trabajar, sabiendo de antemano que no toda la semilla era viable para su uso (Figuras 5 y 6).

		OFICINA MÉRIDA CALLE 77 No. 574 X 82 COL. CENTRO TEL.: (999) 984-59-26	OFICINA CHETUMAL SALVADOR NOVO No. 103 X JAVIER BARRIOS SIERRA TEL.: (983) 633-52-34	FECHA JUN 2-17 <small>DA MES AÑO</small>	GUÍA M 20733
LUGAR DE EXPEDICIÓN Mérida Yucatán		LUGAR DE DESTINO Chetumal Yuc			
REMITENTE Albalio Cóngora Hutz		CONSIGNATARIO Wilberth Cóngora			
DOMICILIO 9996008125		DOMICILIO 9831142542			
CANTIDAD 1	DESCRIPCIÓN Caja	CONTENIDO	CLASE DE SERVICIO	OCURRE	PAGADO
FIRMA REMITENTE [Firma]				RECIBIO MERCANCIA [Firma]	
DOCUMENTADOR [Firma]				IMPORTE CON LETRAS [Firma]	I.V.A. \$
TOTAL \$					120

Figura 5. Nota de envío del ramón.



Figura 6. Recepción de las semillas de ramón.

Al recibir las semillas del vivero forestal, se almacenaron en un refrigerador convencional, empacadas en una hoja de papel envuelto con aspersión de agua, se colocaron en una bolsa plástica para mantener la humedad de las semillas antes de ser separadas en muestras, como se observa en la figura 7.



Figura 7. Almacenando la semilla.

En cuanto a las hojas, se obtuvieron de un ramonal que se encuentra en la zona arqueológica de Oxtankah, colindante con la ciudad de Chetumal, Quintana Roo como se puede observar en la figuras 8 y 9.



Figura 8. Localizando un árbol de ramón.



Figura 9. Recolectando hojas de ramón.

Cabe decir que ya existía un deshidratador solar construido en el ITZM, este está conformado de una cama plana multinivel con entrada de aire a sus costados, a base de traveses de aluminio, forradas de vidrio, formando un equipo vertical, contando en su interior con tres charolas para colocar muestras, sus fondos están perforados con múltiples agujeros, para permitir el paso del aire caliente, en la cima cuenta con una cúpula triangular, impidiendo que el agua entre al equipo, además de servir como tapa para evitar que los animales entren (Galaviz, 2012); en la figura 10 se observa dicho deshidratador, producto de una tesis para disminuir el contenido de humedad en hojas y semillas de ramón (López & Martínez, 2016); para el efecto, se armó dicho equipo; posteriormente, se analizó una locación dentro las instalaciones del ITZM que ofreciera la mayor captación de rayos solares; en el caso de la estufa de secado, se precalentó a 40 grados centígrados antes de colocar las muestras en su interior (figura 11).



Figura 10. Deshidratador solar instalado.



Figura 11. Estufa de secado.

Las muestras de la semilla se tomaron con ayuda de una báscula de precisión, quedando conformadas por un peso aproximado de 200 gramos por muestra, se sacaron seis muestras: tres para el deshidratador solar y tres para la estufa de secado, como puede verse en las figuras 12 y 13.



Figura 12. Separando las muestras para el deshidratador solar.



Figura 13. Separando las muestras para la estufa de secado.

En cuanto a las hojas, se definieron seis muestras de 20 gramos cada una, tres de las cuales se colocaron en el deshidratador solar y las otras tres, en la estufa de secado, esto se contempla en la figura 14.



Figura 14. Separado de muestras para la estufa y el deshidratador solar.

Todas las muestras se colocaron en cajas de Petri membretadas con el número que le fue asignado para su fácil identificación, asimismo, se contaron para conocer la cantidad de hojas y semillas que contenía cada muestra, y de esta forma llevar un control más preciso en su medición, esto se aprecia en las figuras 15 y 16.



Figura 15. Contando la cantidad de semillas de la muestra.



Figura 16. Contando la cantidad de hojas de la muestra.

La medición de temperatura y humedad, se llevó a cabo con dos termómetros higrómetros (uno analógico y otro digital), mismos que fueron colocados de forma permanente en el deshidratador solar, esto permitió conocer tanto los niveles de humedad interior y exterior, como la temperatura interna y externa a que fueron sometidas las semillas y hojas, esto se observa en las figuras 17 y 18.



Figura 17. Termómetro higrómetro analógico.



Figura 18. Termómetro higrómetro digital.

En el caso de la estufa de secado, se mantuvo a una temperatura constante de 40 grados centígrados.

Para conocer la humedad de las semillas se tomaba una porción de ellas, mismas que se colocaban en el interior del medidor de humedad para grano, el cual de forma digital, medía esta variable; posteriormente, las muestras se sometían a un termómetro digital, mismo que usaba un láser infrarrojo para conocer la temperatura en que se encontraban. Este procedimiento se realizaba a las 8:00

hrs., a las 12:00hrs. Y a las 16:00 hrs. Se dejó de realizar dicho ciclo en la deshidratadora solar a las 382 horas de haber iniciado el procedimiento, porque se alcanzó el peso constante (Figuras 19, 20, 21 y 22).



Figura 19. Tomando la humedad de las semillas con el medidor de humedad para grano.



Figura 20. Tomando la temperatura de las semillas y las hojas con el termómetro digital.



Figura 21. Medidor de humedad para grano.



Figura 22. Termómetro digital.

Los resultados se capturaron en la hoja de cálculo Excel, y con ello se construyeron gráficas para demostrar las curvas de pérdidas de humedad a través del tiempo, saber su comportamiento frente a las temperaturas y su pérdida total de agua. Además, se obtuvieron las ecuaciones de regresión que mejor se ajustaron al comportamiento de los datos en el tiempo.

VII. RESULTADOS

7.1 Número de semillas y hojas de ramón por kilogramo

De acuerdo al conteo realizado en las muestras, se puede indicar que existe 505 semillas por cada kilogramo (Cuadro 2), así mismo, 1508 hojas por cada kilogramo (Cuadro 3).

Cuadro 2. Número de semillas del ramón por cada kilogramo.

Muestra de un kilo de semillas	Número de semillas
1	570
2	572
3	472
4	472
5	468
6	480
Promedio =	505

Cuadro 3. Número de hojas del ramón por cada kilogramo.

Muestra de un kilo de hojas	Número de hojas
1	1650
2	1350
3	1400
4	1500
5	1600
6	1550
Promedio =	1508

7.2 Comportamiento de la pérdida de humedad de semillas del ramón en los dos métodos de deshidratado

7.2.1 Método de estufa de secado

En la figura 23 se puede ver que, se registró una pérdida de humedad del 22% a las 6 horas y la tendencia de la curva es decreciente. Posteriormente, en las siguientes 9 horas, la pérdida de humedad fue de 90.5% en las primeras 15 horas, dando por finalizada la primera fase de la extracción de agua libre; la siguiente fase de agua débilmente ligada inició a las 15 horas y finalizó a las 51 horas, a partir de ese momento hasta las 74 horas se alcanza la fase de fuertemente ligada. Logrando el peso constante en el transcurso de esa fase.

El modelo de regresión polinomial de tercer grado fue el que mejor se ajustó al comportamiento de pérdida de peso y humedad en el tiempo con un valor de ajuste de r^2 de 0.958.

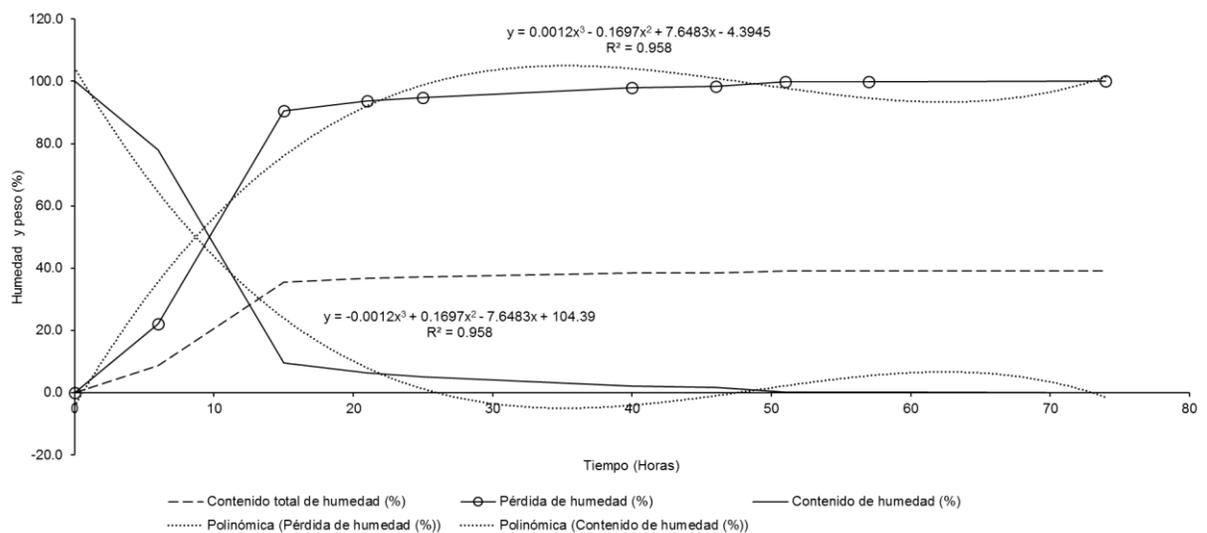


Figura 23. Gráfica de medición de la semilla del ramón en estufa eléctrica.

7.2.2 Método de deshidratador solar

En la figura 24 se puede observar que la pérdida de humedad fue de 62.5% a las 88 horas y la tendencia de la curva es decreciente, dando por finalizada la primera fase de la extracción de agua libre; la siguiente fase de agua débilmente ligada inició inmediatamente terminada la anterior y finalizó a las 298 horas, a partir de ese momento hasta las 382 horas acercándose a la fase de fuertemente ligada. Llegando de esta forma a peso constante en el transcurso de esa fase.

El modelo de regresión polinomial de segundo grado fue el que mejor se ajustó al comportamiento de pérdida de peso y humedad en el tiempo con un valor de ajuste de r^2 de 0.9817

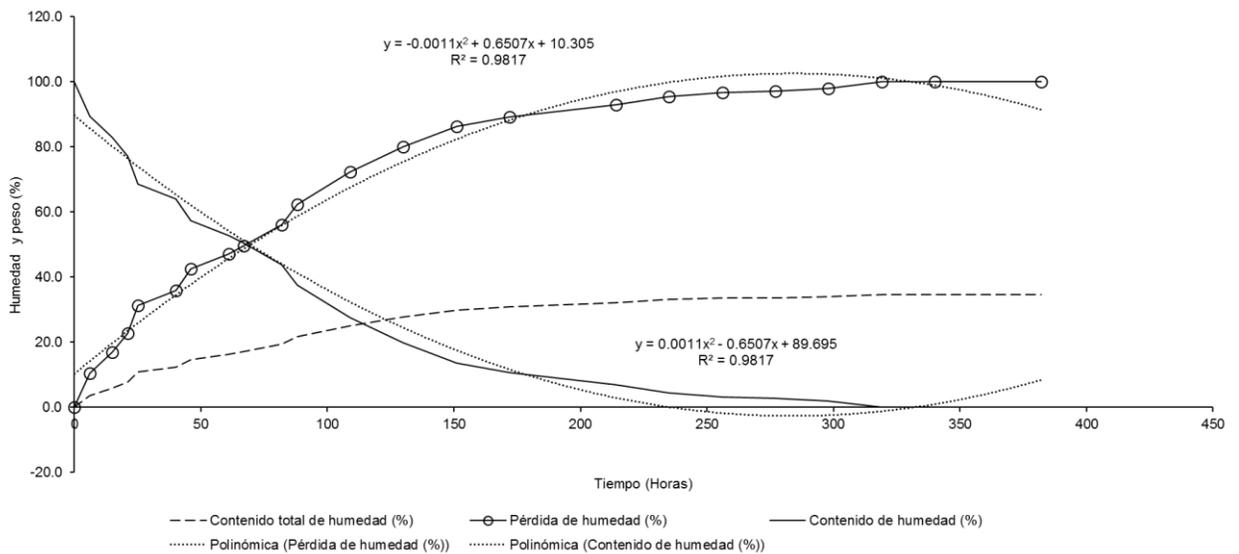


Figura 24. Gráfica de medición de la semilla del ramón en deshidratador solar.

7.3. Comportamiento de la pérdida de humedad de hojas del ramón en los dos métodos de deshidratado

7.3.1 Método de estufa de secado

En la figura 25, se puede ver que hubo una pérdida de humedad del 96.5 % a las primeras 6 horas y la tendencia de la curva es decreciente, dando por finalizada la primera fase de la extracción de agua libre; la siguiente fase de agua débilmente ligada inició inmediatamente terminada la anterior fase y finalizó a las 46 horas, a partir de ese momento hasta las 74 horas obteniendo la fase de fuertemente ligada. Consiguiendo de esta forma el peso constante en el transcurso de esa fase.

Nuevamente, el modelo de regresión polinomial de tercer grado fue el que mejor se ajustó al comportamiento de pérdida de peso y humedad en el tiempo con un valor de ajuste de r^2 de 0.7421

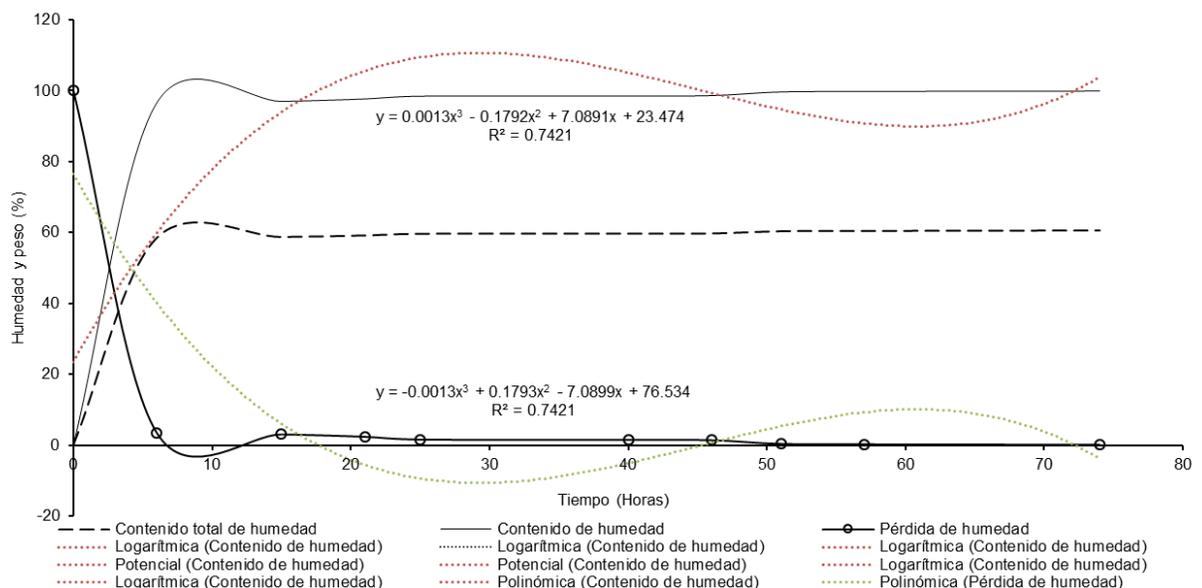


Figura 25. Gráfica de medición de la hoja del ramón en estufa eléctrica.

7.3.2 Método de deshidratado solar

En la figura 26, se nota que la pérdida de humedad fue el 90.5% a las 25 horas y la tendencia de la curva es decreciente, dando por finalizada la primera fase de la extracción de agua libre; la siguiente fase de agua débilmente ligada inició inmediatamente terminada la anterior fase y finalizó a las 82 horas, a partir de ese momento hasta las 151 horas se mantiene la fase de fuertemente ligada. Dirigiéndose de esta forma a peso constante en el transcurso de esa fase.

Una vez más, el modelo de regresión polinomial de tercer grado fue el que mejor se ajustó al comportamiento de pérdida de peso y humedad en el tiempo con un valor de ajuste de r^2 de 0.637.

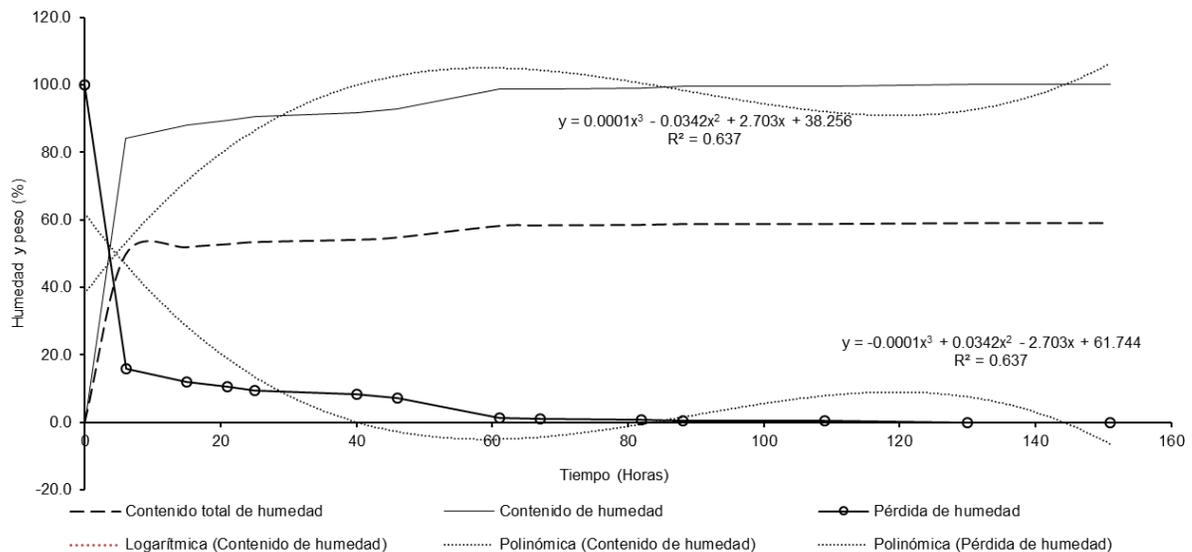


Figura 26. Gráfica de medición de la hoja del ramón en deshidratador solar.

Con la finalidad de definir la eficiencia de ambos métodos de deshidratación, se compara el período en días en la cual se logró llegar a peso constante, resultando que el método de la estufa fue de tres días, tanto para el caso de las semillas como de las hojas de ramón, mientras que con el deshidratador solar fue de 16 días para la semilla y de seis para las hojas. Lo anterior, es superior a lo reportado por López y Martínez (2016), quienes indican un tiempo de nueve días para

semillas y de dos días para las hojas. Estas diferencias se pueden atribuir a las condiciones climáticas prevalecientes durante el desarrollo del presente trabajo, caracterizado por nublados en un 100% y precipitaciones pluviales al atardecer.

VIII. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y EXPERIENCIA PROFESIONAL ADQUIRIDA

Con el deshidratador solar se logró alcanzar peso constante en las muestras de semillas a las 382 horas (16 días) y 151 horas (seis días) para las hojas. Logrando una pérdida de humedad de 100 % para el caso de las semillas y de 100 % para las hojas.

Con el método de la estufa eléctrica de secado, se logró el peso constante a las 74 horas (tres días), con un contenido de humedad de 100 % en las semillas y de 100 % en las hojas.

En términos de tiempo, la estufa eléctrica resulta ser mucho más eficiente, ya que el peso constante se alcanzó en menor tiempo en comparación con el deshidratador solar, 13 días de diferencia para semillas y tres días para las hojas. En términos energéticos, la estufa representa un gasto adicional por el uso de la energía eléctrica.

En cuanto a las recomendaciones, sobre el trabajo desarrollado, es sumamente importante tomar en cuenta los elementos climáticos tales como: humedad relativa, precipitación y nubosidad antes de iniciar un proceso de esta índole. Además, sería adecuado modificar el deshidratador solar de tal manera que logre incrementar su temperatura interna aún con poca o nula radiación solar.

La experiencia profesional adquirida durante el desarrollo de este trabajo, va muy de la mano con lo visto en diferentes materias, con lo que respecta a la puntualidad, cumplimiento de objetivos, el respeto y la dedicación, pilares fundamentales para el desarrollo profesional futuro. Además de las herramientas de investigación que se aplicaron.

IX. COMPETENCIAS DESARROLLADAS Y/O APLICADAS

Durante el desarrollo de este trabajo de residencia, se aplicaron distintas competencias que se conocieron en el aula; diferentes asignaturas fueron conjuntadas al aplicar dichos conocimientos en la práctica, por ejemplo: Fundamentos de Física, Fundamentos de Química, Probabilidad y Estadística Descriptiva, Estadística Inferencial I y II, Ingeniería de Procesos, Taller de Investigación I y II.

Esto fue posible dado que se utilizaron distintos sistemas de medición para las aplicaciones correspondientes en los fenómenos físicos relacionados con el tema de investigación; asimismo, fue necesario reconocer los conceptos de química, para manipular adecuadamente materiales, estados de agregación y cambios de estado, sin olvidar que el trabajo demandó la recopilación de conjuntos de datos tomados de una situación real para interpretarlos de manera estadística y de forma gráfica.

Se desarrollaron nuevas competencias al aprender el manejo de equipos de laboratorio tales como: los deshidratadores solar y de estufa, en conjunto con los instrumentos de medición de peso, humedad, temperatura, entre otros.

Para formular el marco teórico y el diseño del experimento, fue necesario buscar, procesar y analizar información procedente de diversas fuentes, así como observar fenómenos actuales, pasados o futuros y realizar supuestos sobre los mismos para probar o rechazar los que dieron origen a este trabajo, haciendo uso de la capacidad de abstracción, análisis y síntesis; de igual forma, se investigó el comportamiento de dos o más factores en una variable de respuesta que permitió mejorar la calidad del proceso, y estudiar los diferentes bloques que podrían afectar las respuestas en el desarrollo de los experimentos; se utilizó hoja de cálculo y sus fórmulas para generar gráficas y tablas, reduciendo el tiempo de realización, así como la interpretación y presentación de los resultados.

Finalmente, el proyecto de investigación se formuló tomando en cuenta diversos escenarios con actitud crítica y constructiva, para la solución de problemas relacionados con el campo profesional de un Ingeniero en Gestión Empresarial.

X. FUENTES DE INFORMACIÓN

- Araya-Farias, M., & Ratti, C. (2009). *Dehydration of Foods: General Concepts, Capitulo de libro: Advances in Food Dehydration*. New York, USA: Taylor and Francis Group. Recuperado el 19 de febrero de 2017
- Bello, G. J. (2000). *Ciencia bromatológica: principios generales de los alimentos*. Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos. Recuperado el 05 de abril de 2017
- Casado, S. E. (2012). *Operaciones básicas laboratorio gm 12 cf*. Madrid, España: Editorial Paraninfo. Recuperado el 14 de mayo de 2017
- Chavarría, Á. A. (2012). "Términos básicos de la Tanatología". Ciudad de México., D.F., México: Asociación Mexicana de Tanatología A.C. Recuperado el 03 de junio de 2017
- Chavelas, P., & Devall, S. (1988.). *Brosimum alicastrum Sw. In Árboles útiles de la parte tropical de América del Norte*. (Vol. Publicación no.3. s.p.). (E. p. Bums, & M. Mosquera., Edits.) Comisión Forestal de América del Norte. Recuperado el 10 de mayo de 2017
- Colinas Irezabal, M. L. (2014). *Deshidratación de alimentos*. Ciudad de México, D.F., México: Trillas. Recuperado el 12 de febrero de 2017
- Corpoica, c. c. (1999). *La Deshidratacion de Frutas*. Tolima, Colombia: Corpoica. Recuperado el 14 de marzo de 2017
- Costenbader, C. W. (2001). *Gran libro de las conservas, el (bicolor)*. Barcelona, España: Disfruto y hago. Recuperado el 17 de marzo de 2017
- Crapiste, G. H. (1991). Simulation of Drying Rates and Quality Changes the During the Deshydration of Foodstuffs. En J. E. Lozano, C. Añón, E. Parada Arias, & G. B. Barbosa Cánovas, *Trends in Food Engineering* (págs. 135-148). Lancaster, Pennsylvania, USA: Technomic Publishing Co. Inc. Recuperado el 11 de mayo de 2016
- Desrosier, N. W. (1975). *Conservación de Alimentos*. Editorial Continental. Recuperado el 02 de febrero de 2017
- Equipos y Laboratorio de Colombia, S. (01 de enero de 2011). *equiposylaboratorio de colombia*. Recuperado el 14 de marzo de 2017, de <http://www.equiposylaboratorio.com/sitio/contactenos.php?c=218#inicio>

- Galaviz, J. V. (2012). *Estrategia Tecnológica Sustentable para Deshidratar Frutas, Verduras y Legumbres*. Tlaxcala, Mexico: Palibrio. Recuperado el 14 de abril de 2017
- Gallego, J. F. (2012). *Aplicación de normas y condiciones higiénico-sanitarias en restauración*. Madrid, España: Ediciones Paraninfo, S. A. Recuperado el 26 de abril de 2017
- García, G. M. (2005). *Formulación magistral*. Madrid, España: Ediciones Paraninfo. Recuperado el 23 de febrero de 2017
- Grupo selecta. (01 de Enero de 2017). JP SELECTA. *Estufas para esterilización, bacteriológicas y hornos*. Abrera, Barcelona, España. Recuperado el 26 de mayo de 2017, de <http://www.grupo-selecta.com/es/>: <http://www.grupo-selecta.com/es/>
- Hernández Santana, C. (18 de enero de 2010). Deshidratador solar para productos agrícolas. Córdoba, Veracruz, México. Recuperado el 25 de mayo de 2017
- Hernández, R. M. (1999). *Tratado de nutrición*. Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos. Recuperado el 18 de abril de 2017
- IICA, I. I. (1980). *Curso sobre preparación y evaluación de proyectos agropecuarios y agroindustriales. Memoria. Tomo II*. Tunja, Venezuela: IICA Biblioteca Venezuela. Recuperado el 03 de junio de 2017
- Isotherm, E. (01 de enero de 2017). *Estufas de Convección Forzada para laboratorio*. USA. Recuperado el 26 de abril de 2017, de <http://www.escoglobal.com/home.php>
- Jiménez, I. G. (20 de noviembre de 2012). Diseño y Construcción de un Secador Solar para Secado de Setas (Tesis). Xalapa de Enríquez, Veracruz, México. Recuperado el 03 de junio de 2017
- López, A. J., & Martínez, V. M. (06 de noviembre de 2016). Diseño del proceso de deshidratación solar para hojas y semillas del árbol del ramón (*Brosimum Alicastrum Swartz*). Juan Sarabia, Quintana Roo, México: ITZM. Recuperado el 20 de febrero de 2017
- Luzardo, M. (5 de noviembre de 2011). *Guía para Química Analítica*. (U. N. (UNEXPO), Ed.) Caracas, Venezuela. Recuperado el 10 de junio de 2017
- Ortiz, M. J. (2014). *La Ecotecnología En México*. Morelia, Michoacán, México: IMAGIA. Recuperado el 26 de mayo de 2017

- Pardo-Tejeda, E., & Sánchez, M. (1980). *Brosimum alicastrum* (ramón, capomo, ojite, ojoche). (I. N. Bióticos., Ed.) *Recurso silvestre desaprovechado.*, 31 p. Recuperado el 12 de mayo de 2017
- Pennington, D., & Sarukhan, J. (1968). *Manual para la identificación de campo de los principales árboles tropicales de México.* (I. N. Forestales., Ed.) Ciudad de México, D.F., México: Sin especificar. Recuperado el 16 de mayo de 2017
- Portal de Energías Renovables. (04 de junio de 2013). *Sitiosolar.com.* Recuperado el 12 de mayo de 2015, de <http://www.sitiosolar.com/los-deshidratadores-solares/>
- Quitan, R. (07 de abril de 2014). *Red de universidades abiertas UNI3.* Recuperado el 25 de mayo de 2017, de <http://ruauni3.org/index.php/2014-03-17-01-45-30/item/66-i-exposicion-de-conservacion-y-preservacion-de-alimentos>
- Rodríguez, G. J. (2016). *Control de la conservación de los alimentos para el consumo y distribución comercial.* Madrid, España: Ediciones Paraninfo. Recuperado el 23 de marzo de 2017
- Rolle, K. C. (2006). *Termodinámica.* Wisconsin, USA: Pearson Educación. Recuperado el 07 de abril de 2017
- Science, N. A. (1975, enero 01). Underexploited tropical plants with promising economic value. *National Research Council*, 114-188. Retrieved marzo 31, 2017
- Villar Anlúe, L. (2006). *Guatemala, árboles mágicos y notables.* Ciudad de Guatemala, Guatemala: Librerías Artemis Edinter. Recuperado el 16 de marzo de 2017