



UNAP



**FACULTAD DE AGRONOMÍA
DOCTORADO EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE**

TESIS

**MODELIZACIÓN DE ISOTERMAS DE SORCIÓN DEL ATOMIZADO DE *Mauritia flexuosa* AGUAJE Y SU EFECTO EN EL CONTENIDO VITAMÍNICO A,
IQUITOS 2020.**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE DOCTOR EN AMBIENTE Y
DESARROLLO SOSTENIBLE**

**PRESENTADO POR : ING. ROGER RUIZ PAREDES, MSC.
ASESOR : ING. ALENGUER GERÓNIMO ALVA ARÉVALO, DR.**

IQUITOS, PERÚ

2021



UNAP



**FACULTAD DE AGRONOMÍA
DOCTORADO EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE**

TESIS

**MODELIZACIÓN DE ISOTERMAS DE SORCIÓN DEL ATOMIZADO DE *Mauritia flexuosa* AGUAJE Y SU EFECTO EN EL CONTENIDO VITAMÍNICO A,
IQUITOS 2020.**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE DOCTOR EN AMBIENTE Y
DESARROLLO SOSTENIBLE**

**PRESENTADO POR : ING. ROGER RUIZ PAREDES, MSC.
ASESOR : ING. ALENGUER GERÓNIMO ALVA ARÉVALO, DR.**

IQUITOS, PERÚ

2021



UNAP

Escuela de Postgrado "JOSÉ TORRES VÁSQUEZ"
Oficina de Asuntos Académicos



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
022-2021-OAA-EPG-UNAP

Con **Resolución Directoral N°0198-2021-EPG-UNAP**, se autoriza la sustentación de la tesis: "MODELIZACIÓN DE ISOTERMAS DE SORCIÓN DEL ATOMIZADO DE MAURITIA FLEXUOSA AGUAJE Y SU EFECTO EN EL CONTENIDO VITAMÍNICO A, IQUITOS 2020", teniendo como jurados a los siguientes profesionales:

Ing. For. Rodil Tello Espinoza, Dr	Presidente
Ing. Agron. José Francisco Ramírez Chung, Dr.	Miembro
Ing. Alim. Genaro Rafael Cardeña Peña, Dr.	Miembro
Ing. Alim. Alenguer Gerónimo Alva Arévalo, Dr.	Asesor

A los seis días del mes de Abril del 2021, a las 11:00 a.m en la modalidad virtual zoom institucional de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, se constituyó el Jurado Evaluador y Dictaminado, para escuchar y evaluar la sustentación de tesis: "MODELIZACIÓN DE ISOTERMAS DE SORCIÓN DEL ATOMIZADO DE MAURITIA FLEXUOSA AGUAJE Y SU EFECTO EN EL CONTENIDO VITAMÍNICO A, IQUITOS 2020" presentado por el señor ROGER RUIZ PAREDES, como requisito para obtener el Grado Académico del **Doctor en Ambiente y Desarrollo Sostenible**, que otorga la UNAP de acuerdo a la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.

Después de haber escuchado la sustentación y luego de formuladas las preguntas, éstas fueron:

.....
CONTESTADAS SATISFACTORIAMENTE
.....

El Jurado, después de la deliberación correspondiente en privado, llegó a las siguientes conclusiones, la sustentación es:

- Aprobado como: a) Excelente () b) Muy bueno (X) c) Bueno ()
- Desaprobado: ()

Observaciones :
SIN OBSERVACIONES
.....
.....

A continuación, el Presidente del Jurado, da por concluida la sustentación, siendo las *12:30* del seis de abril del 2021; con lo cual, se le declara al sustentante.....*APTO*..... para recibir el Grado Académico de Doctor en Ambiente y Desarrollo Sostenible.

[Signature]
Ing. For. Rodil Tello Espinoza, Dr.
Presidente

[Signature]
Ing. Agron. José Francisco Ramírez Chung
Miembro

Ing. Alim. Genaro Rafael Cardeña Peña, Dr.
Miembro

[Signature]
Ing. Alim. Alenguer Gerónimo Alva Arévalo, Dr
Asesor

[Signature]

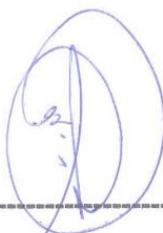
TESIS APROBADA EN SUSTENTACION PUBLICA EL DIA 06 DE ABRIL
DEL 2021 POR LA PLATAFORMA VIRTUAL ZOOM DE LA UNIVERSIDAD
NACIONAL DE LA AMAZONIA PERUANA, EN LA CIUDAD DE IQUITOS –
PERÚ



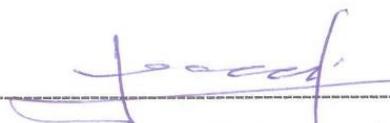
ING. FOR. RODIL TELLO ESPINOZA, DR.
PRESIDENTE



ING. AGRON. JOSE FRANCISCO RAMIREZ CHUNG, DR.
MIEMBRO



ING. ALIM. GENARO RAFAEL CARDEÑA PEÑA, DR.
MIEMBRO



ING. ALIM. ALENGUER GERÓNIMO ALVA ARÉVALO, DR.
ASESOR

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida y permitir en estos momentos difíciles de pandemia mantenerme con salud para culminar este trabajo de tesis.

A mi familia: Jessy, Bruno, Anita y Junior, por ser siempre mi apoyo y motivación en todo momento.

A mi alma máter por darme la oportunidad de ser formado en sus aulas.

AGRADECIMIENTO

Agradecer en primer lugar a Dios por la vida y la salud, que permitió terminar con éxito este trabajo de tesis, que será la base para otras futuras investigaciones.

Deseo expresar el agradecimiento sincero a las siguientes personas e instituciones:

A mi asesor: Dr. Alenguer Gerónimo Alva Arévalo, por su apoyo, orientación y revisión para el desarrollo y culminación de la tesis.

A los Ingenieros Jorge Luis Carranza Gonzales y Alfonso Miguel Ríos Cachique por su inmenso apoyo en el desarrollo de la tesis.

A José Luis Toledo, Bryan Erazo Ramírez, Luis Silva Ramos, Benjamín Cancino por sus apoyo en la recolección de datos y la realización de los análisis de laboratorio.

A mis colegas de la Facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana que de algún modo han contribuido al desarrollo de este trabajo de tesis.

A la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana por darme la oportunidad de culminar mis estudios de doctorado.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Páginas
Carátula	i
Contracaratula	ii
Acta de sustentación	iii
Jurado	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenido	vii
Índice de tablas	ix
Índice de gráficos	x
Resumen	xi
Abstract	xii
Resumo	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I: MARCO TEÓRICO	3
1.1 Antecedentes	3
1.2 Bases teóricas	10
1.2.2 Secado por aspersión	13
1.2.3 Materiales de encapsulación	16
1.2.4 Maltodextrina	17
1.2.5 Provitamina A	18
1.2.6 Actividad de agua	18
1.2.7 Isotermas de sorción	19
1.2.8 Efecto de la temperatura en las isotermas	22
1.2.9 Modelos matemáticos para las isotermas de sorción	23
1.2.10 Estimación de la vida útil del producto	26
1.3 Definición de términos básicos	26
CAPITULO II: VARIABLES E HIPÓTESIS	28
2.1 Variables y su operacionalización	28
2.1.1 Variable independiente	28
2.1.2 Variable dependiente	29
2.2 Formulación de la Hipótesis	30

CAPITULO III: METODOLOGÍA	31
3.1 Tipo de diseño de la investigación	31
3.2 Población y muestra	35
3.3 Técnicas e instrumentos	35
3.4 Procedimiento de recolección de datos	37
3.5 Técnicas de procedimientos y análisis de los datos	38
3.6 Aspectos éticos	38
CAPITULO IV: RESULTADOS	39
CAPITULO V: DISCUSIÓN	69
CAPITULO VI: PROPUESTA	74
CAPITULO VII: CONCLUSIONES	75
CAPITULO VIII: RECOMENDACIONES	77
CAPITULO IX: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78
ANEXOS	83
1. Estadística complementaria	84
2. Instrumento(s) de recolección de datos	86
3.- Resultado de Análisis Físico Química y Microbiológico	106

ÍNDICE DE TABLAS

	Páginas
Tabla N° 1. Ecuaciones a utilizar para el modelado de las Isotermas de la pulpa de <i>Mauritia flexuosa</i> (aguaje).	34
Tabla N° 2. Técnica y recolección de datos.	36
Tabla N° 3. Instrumentos	36
Tabla N° 4. Resultados del Análisis Físico Químico del aguaje Atomizado.	40
Tabla N° 5. Contenido de Provitamina A en la pulpa de <i>Mauritia flexuosa</i> (aguaje)	41
Tabla N° 6. Resultados del Análisis Microbiológico del aguaje Atomizado.	41
Tabla N° 7. Valores de Humedad X (g agua / 100g m.s.) Con cloruro de sodio a 20 °C.	42
Tabla N° 8. Valores de humedad X (g agua / 100g m.s.) Con cloruro de potasio a 25 °C	43
Tabla N° 9. Valores de humedad X (g agua / 100g m.s.) Con Ioduro de potasio a 30 °C	44
Tabla N° 10. Valores de humedad X (g de agua/g.m.s) Para las diferentes sales.	46
Tabla N° 11. Valores de las constantes de G.A.B y B.E.T (20 °C)	46
Tabla N° 12. Valores de las constantes de G.A.B y B.E.T (25 °C).	47
Tabla N° 13. Valores de las constantes de G.A.B y B.E.T (30 °C)	48
Tabla N° 14. Determinación de la Energía de activación (E_a) de las constantes de G.A.B por el método de Arrhenius.	49
Tabla N° 15. Datos experimentales de polvo atomizado de la pulpa de <i>Mauritia flexuosa</i> (aguaje) por el modelo matemático de Arrhenius	55
Tabla N° 16. Índice de peróxido	57
Tabla N° 17. Proyecciones de “k” para diferentes t°C	57
Tabla N° 18. Proyecciones para el Cálculo del tiempo de vida útil	58
Tabla N° 19. Análisis estadístico del efecto de las variables sobre el contenido de provitamina A.	60
Tabla N° 20 Balance de materia de la pulpa de <i>Mauritia flexuosa</i> (Aguaje)	66
Tabla N° 21 Balance energético	67

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Páginas
Gráfico N° 1. Fruto de <i>Mauritia flexuosa</i> (aguaje)	10
Gráfico N° 2. Diagrama de un secador por aspersión	16
Gráfico N° 3. Estructura general de una microcápsula	17
Gráfico N° 4. Isotermas de adsorción y de desorción	20
Gráfico N° 5. Los cinco tipos de Isotermas de adsorción de Van der Waals	21
Gráfico N° 6. Influencia de la temperatura en las isotermas de adsorción	22
Gráfico N° 7. Diagrama de flujo para la obtención de polvo Atomizado de <i>Mauritia flexuosa</i> (aguaje).	37
Gráfico N° 8. Curva del proceso de humedad del cloruro de sodio.	42
Gráfico N° 9. Curva del proceso de humedad de cloruro de potasio	44
Gráfico N° 10. Curva del proceso de humedad de Ioduro de potasio	45
Gráfico N° 11. Isotermas de adsorción precisas mediante el modelo de G.A.B y B.E.T a temperatura de 20°C.	51
Gráfico N° 12. Isotermas de adsorción precisas mediante el modelo de G.A.B y B.E.T a temperatura de 25°C	52
Gráfico N° 13. Isotermas de adsorción precisas mediante el modelo de G.A.B y B.E.T a temperatura de 30°C	53
Gráfico N° 14. Curvas de Logaritmo de la constante cinética vs inverso de la temperatura (1/T) utilizando la ecuación de ARRHENIUS	54
Gráfico N° 15. Curvas de Logaritmo de la Humedad del producto vs Inverso de la temperatura (1/T) utilizando la ecuación de ARRHENIUS	54
Gráfico N° 16. Curvas de Logaritmo de C del producto vs inverso de la temperatura (1/T) a diferentes humedades de equilibrio para la <i>Mauritia flexuosa</i> (aguaje) a base de Ioduro de Potasio utilizando la ecuación de ARRHENIUS.	55
Gráfico N° 17. Regresión lineal por el modelo de ARRHENIUS	56
Gráfico N° 18. Curva del tiempo (meses) almacenado a diferentes temperatura	59
Gráfico N° 19. Grafica de la interacción de los factores durante el Proceso	61
Gráfico N° 20. Selección de Temperatura (°C) vs Diámetro (mm)	62
Gráfico N° 21. Selección de Temperatura (°C) vs Maltodextrina (%)	63
Gráfico N° 22. Selección de Diámetro (mm) vs Maltodextrina (%)	64
Gráfico N° 23. Grafica de Superficie	65

RESUMEN

El presente trabajo de investigación fue para aplicar los modelos matemáticos en el diseño de isotermas de sorción del polvo atomizado de *Mauritia flexuosa* (aguaje) a través de un ensayo experimental aplicando el método isopiéstico-gravimétrico. Se atomizó la pulpa con maltodextrina con tres concentraciones (8, 10 y 12 %) y a tres temperaturas de entrada comprendidas entre (195, 197.5 y 200 °C), resultado que a una concentración de 12 % de maltodextrina y 195 °C se obtiene mayor cantidad de provitamina A (β -caroteno). Las humedades de equilibrio (X_e) mostraron valores con la temperatura con actividades de agua (a_w) mayores a 0.6. Se graficaron las isotermas con los modelos de (G.A.B y B.E.T) complementando el modelado con la ecuación de Arrhenius, el modelo de G.A.B presenta mejor ajuste al comportamiento experimental de sorción del polvo atomizado de *Mauritia flexuosa* (aguaje), las isotermas tuvieron un comportamiento del tipo II característico de productos biológicos, los valores de C_{GAB} a 25 °C están dentro de lo reportado por otros autores. Los valores de la energía de activación (E_a) obtenidos experimentalmente están dentro de los parámetros para las reacciones de oxidación de lípidos, con los valores del índice de peróxido de varios meses analizados al polvo atomizado de *Mauritia flexuosa* (aguaje) empacado en bolsas de polietileno de alta densidad realizamos una prueba acelerada de vida útil estimando un valor proyectado de 10 meses a 30 °C considerado como temperatura promedio local.

Palabras clave: Modelado, *Mauritia flexuosa*, Amazonía, atomización, isotermas, actividad de agua.

ABSTRACT

The objective of this research was to apply the mathematical models in the design of sorption isotherms of the atomized powder of *Mauritia flexuosa* (aguaje) through an experimental test applying the isopathic-gravimetric method.

The pulp was sprayed with maltodextrin at three concentrations (8, 10 and 12%) and at three inlet temperatures between (195, 197.5 and 200°C), resulting in that at a concentration of 12% maltodextrin and 195 ° C the You get more provitamin A (β -carotene). Equilibrium humidities (X_e) showed values with temperature with water activities (a_w) greater than 0.6. The isotherms were plotted with the models of (GAB and B.E.T) complementing the modeling with the Arrhenius equation, the G.A.B model presents a better fit to the experimental behavior of sorption of the atomized powder of *Mauritia flexuosa* (aguaje), the isotherms had a behavior of the Type II characteristic of biological products, the C_{GAB} values at 25 ° C are within those reported by other authors. The activation energy (E_a) values obtained experimentally are within the parameters for the lipid oxidation reactions, with the values of the peroxide index of several months analyzed to the atomized powder of *Mauritia flexuosa* (aguaje) packed in polyethylene bags. high density, we carried out an accelerated life test estimating a projected value of 10 months at 30 ° C considered as local average temperature.

Keywords: Modeling, *Mauritia flexuosa*, Amazonía, atomization, isotherms, water activity.

RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi aplicar os modelos matemáticos no projeto de isotermas de sorção do pó atomizado de *Mauritia flexuosa* (aguaje) por meio de um ensaio experimental aplicando o método isopático-gravimétrico. A polpa foi pulverizada com maltodextrina em três concentrações (8, 10 e 12%) e em três temperaturas de entrada entre (195, 197,5 e 200°C), resultando em uma concentração de 12% de maltodextrina e 195°C. mais pró-vitamina A (β -caroteno). As umidades de equilíbrio (X_e) apresentaram valores com temperatura com atividades de água (a_w) maiores que 0,6. As isotermas foram graficadas com os modelos de (G.A.B e B.E.T) complementando a modelagem com a equação de Arrhenius, o modelo GAB apresentou um melhor ajuste ao comportamento experimental de sorção do pó atomizado de *Mauritia flexuosa* (aguaje), as isotermas tiveram um comportamento da característica Tipo II de grande quantidade de produtos biológicos, os valores de C_{GAB} a 25°C estão dentro dos relatados por outros autores. Os valores de energia de ativação (E_a) obtidos experimentalmente estão dentro dos parâmetros para as reações de oxidação lipídica, sendo os valores do índice de peróxidos de vários meses analisados para o pó atomizado de *Mauritia flexuosa* (aguaje) acondicionado em sacos de polietileno. densidade, foi realizado um teste acelerado de vida útil estimando um valor projetado de 10 meses a 30 ° C considerado como temperatura média local.

Palavras-chave: Modelagem, *Mauritia flexuosa*, Amazonía, atomização, isotermas, atividade de água.

INTRODUCCIÓN

Las pocas alternativas de conservación de frutas amazónicas, hace que las empresas agroindustriales no inviertan en estas materias primas que conlleva a costos elevados para su industrialización, a pesar que existen tecnologías de conservación de frutos y vegetales de la Amazonía la mayoría ellas no contemplan costos o alternativas del empleo de conocimientos económicos o ingenieriles, por eso los costos podrían ser disminuidos si se emplearán entre ellos la aplicación de la matemáticas o el modelamiento matemático en las operaciones unitarias durante el proceso o en la aplicación de conservación no solamente de la vida útil del producto, si no, además que se hace primordial en la conservación de sus propiedades bioactivas de la materia prima y sus productos.

La *Mauritia flexuosa* (aguaje), es una de las palmeras más abundantes en Sudamérica y fue la primera palmera amazónica descrita por la ciencia en 1781. En la actualidad se considera como una planta promisoría, y esta puede mejorar en las personas su calidad de vida.

El aguaje *Mauritia flexuosa*, es el fruto comestible y de uso múltiple con mayor reserva de betacaroteno (vitamina A) con 5000 UI/g de aceite y de ácido oleico muy importante para la alimentación humana, el preparado del mesocarpio tiene 1116 ug/100g de vitamina A suficiente para eliminar la hipovitaminosis A. (Nicho B, 2018); comparando con las verduras (conocido por su alto contenido de vitamina A) el fruto del aguaje es cinco veces mayor. Otros afirman que tiene en su composición la provitamina A en una cantidad promedio de aproximadamente 173 a 300 mg/100 g. lo que lo convierte en una fruta con bastante aceptación ya que estaría dentro de los alimentos funcionales; por eso el polvo atomizado de *Mauritia flexuosa* (aguaje) por la reducción de su humedad debe de presentar un mayor contenido de vitamina A al final del proceso.

El secado de frutas mediante la atomización es una técnica que reduce el contenido de agua de estos productos que por lo general presentan en promedio hasta un 90 % de contenido de agua, reduciéndolos hasta un 3 - 5

%, este contenido es posible por la adición del encapsulante maltodextrina, que es un polímero que atrapa el principio activo y lo preserva del ataque del calor, (Gonzales H, 2017).

Existen pocos trabajos con modelos matemáticos de secado de frutas y hortalizas amazónicas y todas ellas a nivel de laboratorio, especialmente como cinética de secado y aplicación en la rehidratación como adsorción y desorción. Sin embargo, no existen estudios relacionados a la modelización de las isothermas de sorción que nos permita conocer el comportamiento de la actividad de agua (a_w) en el polvo atomizado de aguaje a nivel industrial, factor importante para su proceso y posterior conservación para un desarrollo sostenible en la posible industrialización a futuro.

Los resultados demuestran que la aplicación de modelos matemáticos en la conservación y transformación de las materias primas pueden ser aplicados tanto a nivel de laboratorio como industrial, de esta manera puede ser aplicado a cualquier trabajo de investigación en la ciencia y tecnología de alimentos, contribuyendo a disminuir costos, elevando la calidad y cantidad del producto, de esa manera muestra alternativas a la Industria de alimentos, a los productores y comercializadores del aguaje, elevando la calidad de vida de los implicados.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

En el año 2018, se realizó un estudio comparativo de tres sistemas de secado para la producción de un polvo deshidratado de fruta. Lo que le permitió establecer correlaciones lineales entre el porcentaje de humedad de los polvos de guanábana y la velocidad de congelación para la liofilización, el porcentaje de humedad y el flujo de alimentación para el secado por aspersión y la presión de la cámara de secado al vacío, está dentro del rango experimentales y también se encuentra que existe una relación lineal entre el porcentaje de solubilidad en la liofilización y la velocidad de congelación (Ceballos, 2008)

En el año 2010, se realizó una investigación titulada “Influencia de la humedad y de la adición de solutos (maltodextrina) en las propiedades fisicoquímicas de borojó y fresa en polvo” logrando disminuir su humedad contenida empleando dos maltodextrinas (4–7 y 16–19 dextrosa equivalente), sin pérdidas de sus cualidades nutritivas y funcionales y modelando las isotermas de sorción (Mosquera, 2010).

En el año 2010, se realizó una investigación denominada “Modelamiento matemático de la transferencia de sacarosa en la deshidratación osmótica del fruto de la carambola (*Aberrhoa carambola L*)” define cómo se lleva a cabo esta transferencia logrando el incremento de sólidos (0.87 a 3.42) maximizando la pérdida de agua (3.15 a 6.65), para tal efecto empleó un diseño experimental compuesto central con 2 niveles y 4 factores con 3 repeticiones, los parámetros adecuados fueron: tiempo 150 min, concentración de solución 65 °Brix, relación fruta/solución 1:4 y temperatura de 50 °C. (Solís, 2010)

En un estudio realizado en el año 2011, denominado “Caracterización de compuestos volátiles durante el secado por aspersión de jugo de sandía (*Citrullus lanatus*)” trabajando con maltodextrina 0.5 % y goma arábiga

0.5 % y una mezcla de ambos, concluye que los tratamientos con los encapsulante empleados durante el secado por aspersión tuvieron un efecto positivo en la retención de compuestos volátiles en el jugo de sandía en polvo, por lo que se comprobó la hipótesis planteada. El mejor tratamiento fue el correspondiente al uso de 0.5% de una mezcla de maltodextrina DE-10 y goma arábica (1:1) p/p. Este producto se puede utilizar en la producción de aguas refrescantes frescas de sandía y en la obtención de otros productos industriales, como son dulces, mermeladas, así como también es fuente de beta caroteno. (González et al, 2011)

En el año 2012, se desarrolló la investigación “Determinación de isotermas de sorción en harina de maíz a tres temperaturas y su ajuste a modelos matemáticos”, trabajó con 2 tipos de harinas la nixtamalizada industrial y la nixtamalizada tradicional, con 3 temperaturas (24,30 y 35 °C) concluyendo que las isotermas presentan un comportamiento tipo II, determinando el valor de la monocapa con las ecuaciones de GAB y BET cuyos valores se ubicaron entre 0.06-0.14 (g de agua/g de sólido seco) para la harina nixtamalizada industrial y 0.11 – 0.15 (g de agua/g de sólido seco) para la harina nixtamalizada tradicional. (Ramírez, 2012)

En el año 2014, se realizó una investigación sobre el “Modelado de las isotermas de sorción y del calor isostérico de sorción en polen apícola” determinó la actividad de agua y las curvas de sorción mediante los modelos de GAB y tres modelos empíricos más de apoyo, asimismo determinó el calor isostérico de sorción empleando la ecuación de Clausius-Claperyron a temperaturas de 50 °C y 60 °C y sales saturadas empleando el método gravimétrico, concluyendo que el modelo matemático de GAB es el que mejor predice este comportamiento relacionando a los ajustes de humedad de equilibrio experimental y los calculados. (Pulido, Diaz y Váquiro, 2014)

En el año 2015, se realizó una investigación de aceite de aguacate microencapsulado mediante secado por atomización" logra

microencapsular aceite de aguacate por su contenido de ácidos grasos mono insaturados y poliinsaturados benéficos para la salud y así evitar su degeneración oxidativa. Trabajó a temperaturas de 150 y 180 °C. Con soluciones de goma arábiga (GA) y malto dextrina (MD), a 4 diferentes proporciones de GA:MD (1:0, 1:1, 2:3; 3:2). Ambos encapsulantes estabilizaron las soluciones experimentales preparadas, determinando que a mayores concentraciones de estas se obtienen mayor cantidad de aceite superficial incrementando el rendimiento de microencapsulación. (Cuaspud, 2015).

En el año 2015 se investigó sobre el “Efecto de la temperatura sobre las isotermas de adsorción de kiwicha (*Amaranthus caudatus*) en hojuelas”, y evaluó el efecto en las temperaturas de 25 y 45 °C, empleando los modelos matemáticos de GAB y BET, Caurie y Henderson. El modelo GAB presentó valores de 0.0701 y 0.0468 (g de agua/g de sólido seco) mayores a los calculados por BET 0.0565 y 0.0358 (g de agua/g de sólido seco). Finalmente concluyó que el modelo que mejor se ajusta es de GAB y se estimó la vida útil de la hojuela 11.5 y 9.9 meses a las temperaturas de 25 y 45 °C. (Rodríguez, 2015),

En el año 2016 se realizó una investigación sobre el “valor agregado a las frutas del cerrado brasileño: encapsulación del aceite de pequi a través del secado por atomización” que tuvo como objetivo la caracterización fisicoquímica y morfológica del aceite de pequi encapsulado por spray drying para aumentar su vida útil y facilidad de su empleo, se usó una emulsión 10 % (p/p) teniendo como encapsulante una mezcla de 25/50/25 de goma arábiga, almidón modificado y maltodextrina. Las condiciones de secado son: la entrada de aire es de 180 ° C, la salida del secador es de 105 ° C y el caudal de alimentación es de 0,96 litros.h-1. El método utilizado dio como resultado un rendimiento del 36% de partículas encapsuladas, aceitosas, esféricas, lisas y algunas tenían insertos, alta polidispersidad en términos de tamaño y tendencia a aglomerarse fácilmente. El producto muestra buena solubilidad (aproximadamente 79,38%, valor aproximado), baja

humectabilidad (aproximadamente 954 s, valor aproximado) y la luminosidad es cercana al blanco, y tiende a ser rojo y amarillo. (Gómez et al, 2016)

En el año 2017, se realizó una investigación sobre el “Desarrollo de nuevos productos deshidratados a partir de peras (var. Packham’s Triumph) de la Norpatagonia argentina” porque esta variedad de peras es la de más larga conservación en frío lo cual le permite industrializarse permanentemente, el proceso de secado por convección se utiliza para el pretratamiento del azúcar y / o el tratamiento de blanqueo para obtener uno o más productos de pera de alta calidad con una larga vida útil. El pretratamiento es: blanqueamiento (E), inyección seca de sacarosa (ISs) y glucosa (ISg) y tratamiento combinado (E + IS) bajo diferentes actividades acuáticas (ISs1 = 0,83 e ISs2 = 0,94). También analiza la interacción entre el agua y la estructura mediante el análisis de la isoterma de adsorción de agua, la transición vítrea, la movilidad molecular y la capacidad de rehidratación, determinando así una tecnología de pera deshidratada adecuada para snacks o procesamiento de alimentos.(Maidana, 2017)

En el año 2018, se realizó una investigación denominada “Modelado matemático de la cinética del secado de mashua (*Tropaeolum tuberosum*)” en un secador de bandejas para analizar el efecto de la altura (3880 m) sobre la mashua con espesores de 2,4 y 6 milímetros, registrando las variaciones climatológicas y empleando ecuaciones de estado. Durante el secado han monitoreado la temperatura, humedad relativa del aire ambiente y del aire dentro del secador, así como las humedades de la mashua durante todo el proceso de secado hasta una humedad de equilibrio (10%base seca). Se emplearon diez modelos de secado para recrear los datos experimentales concluyendo que el modelo de Page es el que mejor se adecúa al secado de la mashua, consignando los siguientes valores: para espesor de 2mm coeficiente de correlación (R^2) 0.988, error absoluto porcentual medio (MAE) 0.7; espesor de 4mm coeficiente de correlación (R^2) 0.998, error absoluto

porcentual medio (MAE) 0.5 y espesor de 6mm coeficiente de correlación (R^2) 0.997, error absoluto porcentual medio (MAE) 1.3. (Apaza, 2018).

En el año 2018 se realizó un estudio sobre “Evaluación de las isotermas de sorción de granos y harina de kiwicha (*Amaranthus caudatus*)” con las variedades Oscar Blanco, Noel Vietmeyer y CICA, emplearon el método estático gravimétrico para intervalos de humedad relativa de 10 a 90% a temperaturas de 18, 20, 25 y 30 °C. Se estudiaron 11 modelos matemáticos y modelaron los datos experimentales a través de RNL tomando como criterio de convergencia el coeficiente de correlación R^2 y el error medio relativo %E, así el modelo de Adam y Shove presentó mejor ajuste para los granos de kiwicha, mientras que para la harina fue el modelo de Peleg. Asimismo, se observó que la temperatura de almacenamiento influye significativamente ($p\text{-value}<0,05$) en la humedad de equilibrio (X_e) de los granos y harina de kiwicha. El calor isostérico de adsorción oscila entre 6,340 a 0,235 KJ/g para humedades de 0,06 a 0,15 g de agua/g m.s. para los granos de la variedad Oscar Blanco, para la variedad Noel Vietmeyer oscila entre 2,556 a 0,518 KJ/g para humedades de 0,04 a 0,12 g de agua/g m.s., y para el grano CICA de 4,645 a 0,176 KJ/g para humedades de 0,06 a 0,14 g de agua/g m.s, en tanto que para la harina de la variedad Oscar Blanco se encuentra entre 32,028 a 1,99 KJ/g para humedades de 0,05 a 0,12 g de agua/g m.s., y para la variedad Noel Vietmeyer de 26,992 a 0,648 KJ/g para humedades de 0,06 a 0,20 g de agua/g m.s. (Choque-Quipe D et al, 2018)

En el año 2019, se investigó sobre el “Deshidratado de ciruelas d’agen en túneles de configuraciones inversas” que fue realizada a nivel piloto, en la industria, el proceso de deshidratación de las ciruelas d'Agén se realiza con contracorriente (CC) y corriente paralela (CP) a la misma temperatura, humedad y velocidad del aire. El producto obtenido se caracteriza por sus propiedades físicas y nutricionales y la estabilidad de sus compuestos antioxidantes. Se evaluaron dos temperaturas de corte del quemador, con las cuales se aseguró que la temperatura máxima del

aire entre la fruta fuera $80 \pm 1,5^{\circ}\text{C}$ (T1) y $85 \pm 1,5^{\circ}\text{C}$ (T2) respectivamente. Al utilizar T2 se redujo el tiempo de proceso sin pérdidas de calidad del producto obtenido. Posteriormente, se compararon las configuraciones CC y CP, utilizando 2,5 m/s de velocidad, $85 \pm 1,5^{\circ}\text{C}$ de temperatura máxima y $12 \pm 2\%$ de humedad mínima del aire entre la fruta. La variación de temperatura y humedad del aire en el interior del túnel no ocurrió de manera lineal. En CC, la temperatura sube y la humedad baja de manera constante; mientras que en CP, la temperatura baja y la humedad oscilan en pulsos. Para el flujo en paralelo y contra corriente el modelo matemático de Page representó mejor la pérdida de humedad experimental versus tiempo. El contenido de humedad crítica fue de 39% aproximadamente para ambas configuraciones. En la configuración CC, el promedio fue de hasta 14 horas y en el CP el promedio de hasta 11,5 horas. La fase de control de evaporación del CP fue menor que la del CC. Asimismo, la difusividad efectiva fue de $8,15 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ para CC y de $5,434 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ para CP, siendo la etapa de control difusivo menor a CC que a CP. Los productos obtenidos a CC y a CP no presentaron diferencias significativas en nutrientes, aspecto y color en pulpa. Por otro lado, en CP se obtuvieron mayores valores de fenoles, flavonoides, antioxidantes totales y color en piel que en CC. (Urfalino, 2019)

Una investigación realizada el 2019, relacionada a la microencapsulación del micronutriente hierro mediante secado por atomización para su uso en alimento fortificado, preparando mezclas de microencapsulantes constituidas por goma arábica (GA) y maltodextrina 10-12 (MD), en diferentes relaciones, tales como 50:50, 60:40 y 40:60 (GA:MD), a las cuales se añadió sulfato de hierro como activo para el microencapsulamiento. Las mezclas se agitaron durante 1 hora a 800 rpm para asegurar su homogenización, este proceso se realizó a una temperatura de 40°C ; seguidamente, se realizó la caracterización físico-química de viscosidad, densidad y pH. Se precedió a secar por atomización cada solución preparada, se alimentó mediante bomba peristáltica a una velocidad constante, variando las temperaturas de

entrada del aire (160°C, 180°C y 200°C). Finalmente, el producto se recolectó microencapsulado. Se efectuaron pruebas para determinar la eficiencia de encapsulado (digestión de sólidos y espectrofotometría de absorción atómica), contenido de humedad (gravimetría) y evaluación de morfología y tamaño de partícula (espectroscopia electrónica de barrido, SEM). (Vallejo, 2019). Se realizó un análisis estadístico ANOVA para determinar las variables más influyentes del proceso que corresponden a temperatura de 200 °C una mezcla de 40:60 (GA:MD), con eficiencia de encapsulado de 49,84% y con humedad de 4,86%.

En el año 2020, se realizó una investigación sobre la “Viabilidad del arazá (*Eugenia stipitata*) como fuente de compuestos beneficiosos para la salud, efecto de distintos métodos de procesamiento en su calidad nutricional” concluyendo que el tipo de coadyuvante (maltodextrina, goma arábiga) y la concentración (5%) utilizada en el presente estudio permitieron la elaboración de polvos con buena estabilidad, así mismo los valores críticos de actividad del agua pronosticados por la interrelación T_g/a_w (0.61 (AMD), 0.49 (AGA)) sobreestimaron los rangos de a_w correspondientes al color de las muestras y los niveles de estabilidad del contenido/actividad del antioxidante. La validación de estos resultados mostró que la estabilidad óptima de estas propiedades a 20 °C correspondía a una $a_w \leq 0.11$, lo que indica que, en estos casos, la T_g no era un criterio confiable para la predicción de la estabilidad. La ecuación de Weibull predijo satisfactoriamente el comportamiento de la actividad y el contenido de antioxidantes durante el almacenamiento. Suponiendo una retención del 90% de las diferentes propiedades como límite de aceptabilidad, los tiempos de conservación de AGA y AMD (20°C, $a_w = 0.11$) fueron 50 y 34 días. Aunque AGA tuvo la vida útil más larga, AMD tuvo un mayor contenido de PT, FT y CT, por lo tanto, el uso de una mezcla de maltodextrina/goma arábiga podría mejorar la estabilidad del contenido/actividad antioxidante y extender la vida útil de las muestras. (Reyes, 2020).

1.2. Bases teóricas

1.2.1 Generalidades de *Mauritia flexuosa* (aguaje)

Taxonomía

El aguaje es la fruta nativa de la selva peruana, es uno de los alimentos más abundantes en vitamina A, vitamina C y vitamina E. Es conocido tradicionalmente porque no solo puede mantener la salud interna y externa, sino también aumentar y Mejora el rendimiento de las hormonas femeninas. (cuerpo, piel y cabello).

- ✓ Clase : Monocotiledónea
- ✓ Orden : Arecales
- ✓ Familia : Arecaceae
- ✓ Género : Mauritia
- ✓ Especie : Flexuosa
- ✓ Sector : Forestal

Características

- ✓ Sus hojas son espirales.
- ✓ Tallo: la longitud máxima es de 8 m.
- ✓ Sabor: agridulce y delicioso.
- ✓ La pulpa ocupa el 12% del peso de la fruta.
- ✓ El lípido de la pulpa contribuye mucho (21% a 31%). Por lo tanto, debe tenerse en cuenta que rápidamente se pudrirá.
- ✓ Vitamina: Alto contenido en vitaminas A, B y C, así como importante contenido en minerales. (Inkanatura World Peru Export SAC, 2009)

Gráfico N° 1: Fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje)



Composición nutricional

La pulpa es el alimento más nutritivo de las frutas y tiene los siguientes nutrientes:

- ✓ Calorías: 283 Kcal/100 g
- ✓ Proteínas: 8,20 g/100 g
- ✓ Grasa: 31 g /100 g
- ✓ Carbohidratos: 18,70 g /100 g
- ✓ Minerales: Calcio, fósforo, yodo y hierro.
- ✓ Vitaminas: Alfa retinol (vitamina A), beta caroteno (pro vitamina A), tocoferoles (vitamina E) ácido ascórbico (vitamina C), vitaminas B1, B2 y B5.
- ✓ Elevado aporte de fitoestrógenos.

Propiedades

La presencia de sitosterol puede ser un precursor de una hormona femenina del tipo progestina. Por lo tanto, puede resistir los síntomas de la menopausia, la osteoporosis y la deficiencia de estrógenos porque contiene estrógenos femeninos, como los fitoestrógenos, por lo que muchas personas atribuyen la belleza y exuberancia de las mujeres de la selva que se comen en el Perú a la razón del aguaje. Esto no afecta en absoluto a los consumidores masculinos, porque no cambia sus niveles hormonales, porque las hormonas vegetales solo son reconocidas por los abundantes receptores hormonales específicos en los tejidos femeninos, pero muy pocos en los hombres.

También contribuye a:

- ✓ La deficiencia de vitamina A (deficiencia de vitamina) es la principal enfermedad de los niños desnutridos.
- ✓ Escorbuto y enfermedades que destruyen la estabilidad del metabolismo orgánico, como la tuberculosis y la disentería. Por su contenido en vitamina C, se recomienda recomendarlo a personas que padecen estas enfermedades.
- ✓ Por la presencia de una gran cantidad de α -tocoferol (vitamina E), tiene características reguladoras, fortalece la piel y actúa como antioxidante. (Inkanatura World Peru Export SAC, 2009)

Descripción de la planta y su fruto

La planta de *Mauritia flexuosa* (aguaje) posee un solo tallo que mide aproximadamente de 20 a 35 m de altura, el diámetro de su tronco mide aproximadamente entre 3 y 4 m. Es de color arenoso, que contrasta con un follaje conformado por hojas con raquis, que miden aproximadamente 2,5 m de un verde brillante y con racimos de más de 1,000 frutos los cuales llegan a medir entre 5 a 7 cm de largo y entre 4 o 5 cm de diámetro. Sus frutos son de color rojo oscuro, como el del vino tinto y dentro de su cascara hay un fruto carnoso entre anaranjado y amarillo con una semilla color castaño. La planta de aguaje rinde frutos después de 7 u 8 años de haber germinado, cuando la planta alcanza una altura de 6 o 7 m de altura.(Garcia L, 2021)

Forma del consumo de aguaje

La pulpa se acostumbra comer fresca y recién cortada del árbol. Se puede sin embargo también preparar refrescos, como saborizante natural de jugos o para darle un toque exótico a ensaladas y platillos tradicionales.

De sus hojas se extraen fibras para fabricar cestas y otros objetos, así como para extraer un aceite nutritivo.

Otros usos

Existe la idea que el consumo del fruto del aguaje ayuda a modelar el cuerpo femenino por las fitohormonas que posee a la vez que ayuda a eliminar las grasas nocivas y el tejido adiposo ubicadas en la cintura, abdomen, etc.

Es beneficioso para las mujeres en distintas etapas de su vida como durante la gestación, antes y después de la menopausia y revitaliza el cuerpo.

Contribuye a evitar la caída del cabello y a restaurarlo, debido a su alto contenido de vitamina C y E.

1.2.2 Secado por aspersión

El secado por aspersión es una operación unitaria en la que un producto líquido se atomiza en una corriente de gas caliente, que generalmente es aire, para obtener instantáneamente un polvo. Este proceso continuo que permite obtener un polvo muy fino (10 - 50 μm) o de partículas de gran tamaño (2 – 3 mm).

Descripción del secado por aspersión

Masters (1991) citado por Ceballos A (2008), define el proceso de atomización como una operación continua para convertir una solución líquida, suspensión o papilla, en un polvo seco mediante la deshidratación de gotas minúsculas o nebulización, comúnmente de 10 a 500 μm de diámetro. En el interior de la cámara de secado, se ponen en contacto una corriente de gas secante caliente en gran volumen con la suficiente energía para lograr la evaporación del líquido, propiciando intercambios de calor y masa muy rápidos lo cual reduce el tiempo de residencia del líquido a secar (entre 5 y 100 s) lo cual es una gran ventaja especialmente para productos sensibles al calor.

López y Gharsallaoui (2010), Roudaut *et al* (2007), indican que el aire caliente introducido alcanza una temperatura que oscila entre 100 y 200 °C, la evaporación se produce instantáneamente y los polvos secos solo están expuestos a temperaturas moderadas (típicamente entre 50 – 80 °C), protegiendo el producto, ya que, a pesar del aporte del aire caliente, este sustrae calor por la vaporización del disolvente.

Según Wandrey, Bartkowiak, *et al* (2011); Parra (2011), el proceso de microencapsulación de sustancias líquidas por el método de secado por aspersión es comúnmente empleado en productos alimenticios como: vitaminas (C, E), ácido fólico, aromas, orégano, citronela, aceite cardamomo, bacterias probióticas, lípidos, ácido linoleico, aceites vegetales; minerales como hierro; pigmentos de antocianina y leche entre otros alimenticios.

Según García Gonzales *et al* (2004) y Parra 2011), el secado por aspersión es generalmente usado en las industrias de alimentos para disminuir su humedad y actividad acuosa, asegurar una estabilidad microbiológica de los productos, evitar degradaciones químicas y/o biológicas, reducir los costos de transporte y almacenamiento, y obtener un producto con propiedades específicas como por ejemplo la solubilidad instantánea. Para conseguir estas condiciones es necesario definir bien los parámetros de funcionamiento del equipo como: temperatura del aire de entrada y salida, acondicionamiento y alimentación de la solución a deshidratar.

Etapas y elementos de un sistema de secado por aspersión

Masters. (1985), el secado por aspersión consiste en cuatro etapas.

- ✓ Atomización de la solución
- ✓ Contacto aire caliente con gota
- ✓ Evaporación del agua
- ✓ Recuperación del producto

Atomización de la solución. La atomización de líquidos en pequeñas gotas puede llevarse a cabo por la presión o energía centrífuga. El objetivo de esta etapa es crear una superficie máxima posible de transferencia de calor entre el aire seco y el líquido con el fin de lograr la evaporación y optimizar la transferencia de masa. Cuanto más pequeña sean las gotas, mayor la superficie y más fácil la evaporación y consecuentemente una mayor eficiencia térmica. Con respecto al secado, lo ideal es que todas las gotitas atomizadas fueran de un tamaño uniforme, lo cual significaría que el tiempo de secado sería el mismo para todas ellas; sin embargo, todavía no se ha logrado diseñar un atomizador que produzca una pulverización completamente homogénea.

Contacto aire caliente – gota. Existen tres formas básicas de contacto aire caliente – gota de acuerdo con la posición del atomizador en comparación con el distribuidor de aire caliente, así lo mencionan Masters (1985) Huang *et al* (2006): flujo en paralelo o corriente, flujo en contracorriente y mixto. En el flujo paralelo, el líquido es atomizado en la misma dirección que el flujo de aire caliente a través del equipo, la temperatura de entrada del aire caliente puede ser entre 150 y 220 °C, la evaporación se produce de forma instantánea y el producto seco se expondrá a temperaturas moderadas (50 – 80 °C), lo cual limita las degradaciones térmicas.

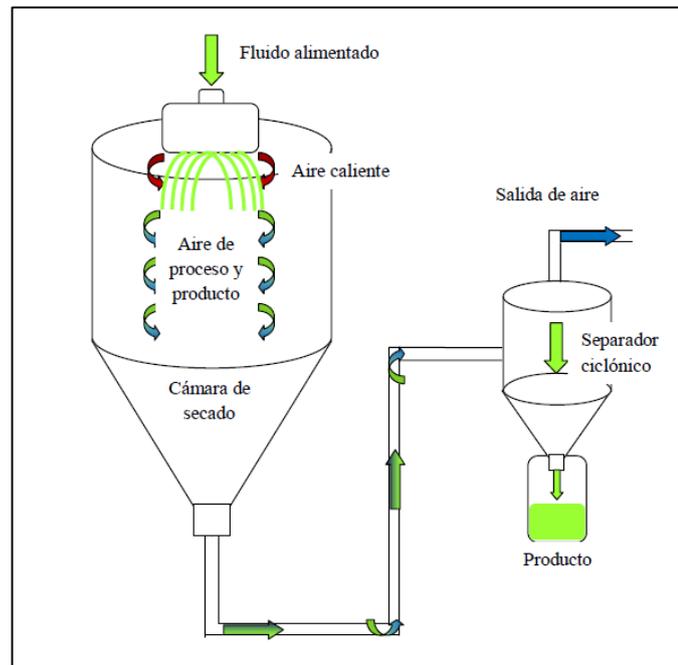
Evaporación del agua. La velocidad de evaporación se lleva a cabo en dos periodos. Masters (1985); Treyball (1996): Sección de velocidad constante y sección de desaceleración. A una velocidad constante, la difusión de agua dentro de la gota de agua hace que la superficie se empape con el líquido, el tamaño de la gota disminuye y la temperatura de la superficie permanece constante. La temperatura del aire seco disminuye a medida que aumenta la humedad. Durante la disminución de velocidad, la velocidad de migración del agua a la superficie no es suficiente para mantenerla saturada, en este momento aparece una zona seca en la superficie, llegando al punto crítico de humedad, en el que las gotas de agua ya no se encogen. Su temperatura comienza a subir; en este punto, el aire seco alcanza la temperatura crítica y la humedad crítica, y su temperatura continúa disminuyendo hasta alcanzar la temperatura establecida al final del proceso, aumentando así la humedad. La velocidad y el tiempo de secado requerido dependen de la temperatura del aire de secado, el coeficiente de transferencia de calor y el diámetro de las gotas a secar.

Recuperación del producto. El producto se puede separar en el fondo de la cámara de secado (separación primaria) y luego se puede recuperar el polvo fino (separación secundaria). Estos polvos finos pueden estar compuestos por ciclones, filtros de mangas, precipitadores electrostáticos o filtros húmedos Los separadores

ciclónicos son los más empleados para la separación y recolección de polvos, por ser económicos, eficiente y de fácil limpieza. En estos el aire cargado de polvo entra en forma tangencial a una cámara cilíndrico-cónica girando rápidamente y sale por la parte central superior.

Para Masters (1985), el producto seco, por su inercia, tiende a moverse hacia la pared exterior del separador donde continua hasta caer en un receptor.

Gráfico N° 2: Diagrama de un secador por aspersión



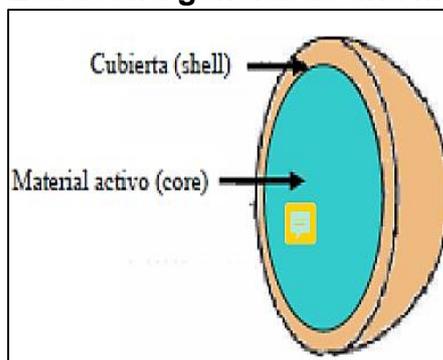
Fuente: Masters (1985)

1.2.3 Materiales de encapsulación

Gibbs Kermasah *et al* (1999), han estudiado una gran variedad de materiales encapsulante para aplicaciones en alimentos, sin embargo, es importante considerar características como la solubilidad en agua, permeabilidad, facilidad de aplicación, baja viscosidad en soluciones concentradas y naturaleza hidrofóbicas o hidrofílicas de los mismos. Todos estos factores influirán finalmente en el producto que se desea obtener.

Según Robert Carlsson *et al* (2003), los agentes encapsulantes han mostrado una función protectora sobre el agente activo contra el daño oxidativo, siendo la estabilidad del activo dependiente del tipo de agente encapsulante.

Gráfico N° 3: Estructura general de una microcápsula



Fuente: Masters (2003)

Gharsallaoui Roudaut *et al* (2007), mencionan que la selección del material de cobertura para microencapsulación mediante secado por atomización involucra frecuentemente procedimientos de prueba y error.

Desai y Park (2005), indican que el material a encapsular es homogenizado con el acarreador; la mezcla es alimentada al secador por aspersión y se atomiza por medio de una boquilla o disco; las cápsulas son colectadas posteriormente.

1.2.4 Maltodextrina

Sansone, Mencherini *et al* (2011), indican que las maltodextrinas son derivados de almidón frecuentemente utilizadas, solas o en combinación con otros materiales, para el procesamiento de extractos, aditivos aromáticos, carotenoides y vitaminas. Dentro de sus funciones esta la formación de películas y reducción de la permeabilidad del oxígeno.

Bangs y Reineccius (1981), estudiaron la retención de 12 compuestos aromáticos encapsulados con maltodextrina de diferentes grados de hidrólisis (ED 5, 10, 15, 20, 25 y 36) concluyeron que la retención de volátiles dependía del valor de dextrosa equivalente (ED) siendo las que

poseen un valor ED (dextrosa equivalente) de 10 las que mostraron una mayor retención. Así, se observó que a medida que el valor DE (dextrosa equivalente) aumentaba, la retención del flavor disminuía. Si bien es cierto que la retención de componentes aromáticos durante el almacenamiento aumento con el valor ED.

1.2.5 Provitamina A

Para Urra (2008a), la provitamina A más importante es el β -caroteno tanto en términos de bioactividad como de abundancia. Literalmente todas las muestras de alimentos carotenogénicos de plantas contienen β -caroteno como constituyente principal o menor, donde el β -caroteno es el que tienen mayor acción como provitamina A, también están presentes el γ -caroteno y el α -caroteno, pero tienen la mitad de acción con referencia al β -caroteno.

Asimismo, para Urra (2008b), los efectos beneficiosos de los carotenoides se han relacionado con la disminución del riesgo de enfermedades degenerativas tales como el cáncer, enfermedad cardiovascular, bajo riesgo de defectos al nacer y un aumento del sistema inmune donde participan principalmente el licopeno, β -caroteno, luteína y α -caroteno. Además, la luteína y zeaxantina participan en la prevención de daño ocular, como la formación de cataratas y degeneración macular relacionada a la edad.

1.2.6 Actividad de agua

Marques (2009), la actividad de agua (a_w) es definida por la analogía entre la presión parcial del vapor de agua en el alimento y la influencia del fluido del agua pura a semejante clima. En el caso de agua pura, la relación entre las presiones es 1, pues los constituye químicos presentes inmovilizan parcialmente el agua.

Labuza (1980) citado por Viccina (2006), comprender el valor de la actividad del agua es una herramienta para predecir la seguridad física, química y microbiológica, por lo que también puede predecir la vida útil de

los alimentos. La actividad del agua se puede expresar mediante la siguiente ecuación::

$$a_w = \frac{f}{f_0} = \frac{P}{P_0} = \frac{HRE}{100}$$

Donde:

P= Presión parcial de fluido de agua en el alimento

P₀= Presión de saturación del agua líquida pura a igual clima.

HRE= Humedad relativa de equilibrio

Marques (2009), en el equilibrio, la actividad de agua del alimento se iguala a la humedad relativa del ambiente en el cual se halla. En estas condiciones, el alimento no gana ni pierde.

Actualmente, las determinaciones de la actividad del agua son muy prácticas y comunes en los laboratorios de alimentos.

1.2.7 Isotermas de sorción

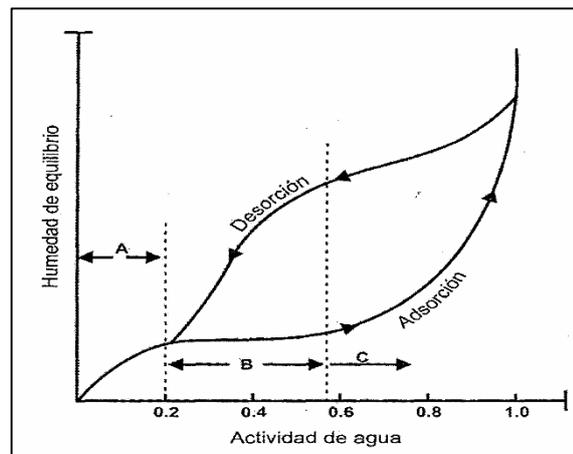
Según Vega *et al* (2006), la isoterma del producto correlaciona gráficamente el contenido de humedad de equilibrio del producto con la actividad termodinámica del agua a temperatura constante, porque en equilibrio, este último parámetro es igual a la humedad relativa del aire que rodea al producto.

Iglesias y Chirife (1982), citado por Araujo (2001), indica que las propiedades higroscópicas de los alimentos pueden representarse mediante isotermas de sorción de humedad las cuales pueden verse alteradas por pre-tratamientos, por procesos físicos, químicos con presencia de calor.

Araujo (2001), las isotermas de absorción de alimentos se generan al correlacionar la cantidad de agua absorbida (en función de la actividad del agua) en el gráfico, y la mayoría son curvas en forma sigmoide.

Kurozawa et al (2005), manifiesta que las isothermas se generan desde dos sistemas, uno donde la materia de estudio seca es expuesto a humedades relativas diferentes registrando el aumento de peso debido a la ganancia de agua; el segundo sistema comienza en las condiciones anteriores con un producto húmedo y se registra la pérdida de peso por salida de agua.

Gráfico N° 4: Isothermas de adsorción y de desorción



Fuente: Badui (1999)

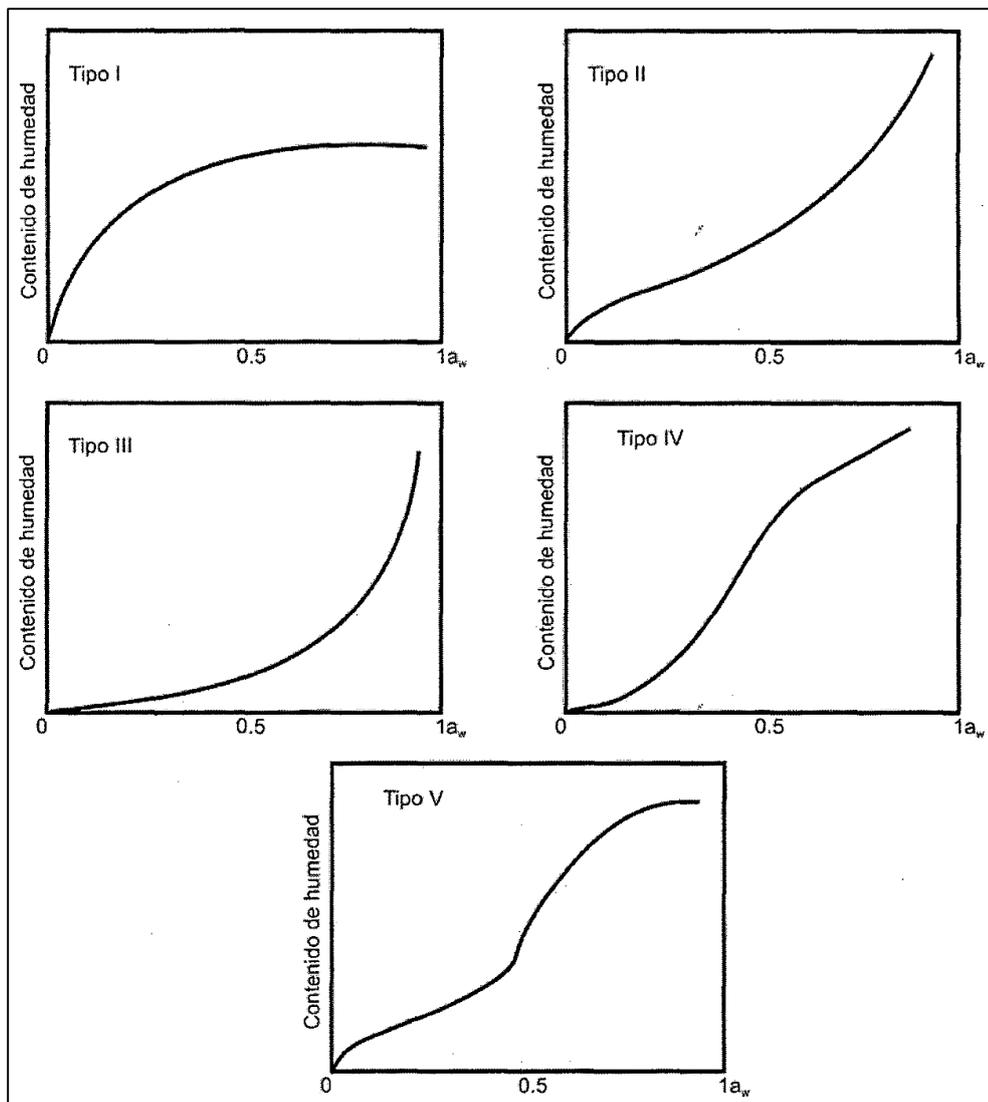
Aquí se puede apreciar las isothermas de adsorción y desorción de humedad características de los productos alimenticios.

Fellows (2000); Shafiur (2003); Brennan (2008), citados por Choque (2009), las isothermas de los alimentos, se dividen en tres regiones (Gráfico 4) denotado por regiones A, B, C. La región A conocida como monocapa, donde las moléculas de agua son las más firmemente ligadas y unidas a los grupos hidroxil de los polisacáridos, carbonil y amino de las proteínas, a través de puentes de hidrogeno y fuerzas ion-dipolo. El agua de esta zona no se puede utilizar como disolvente, por lo que no funcionará sinérgicamente con microorganismos, enzimas o química. En la región B el agua se encuentra en multicapas, en pequeños capilares y en la región C el agua se encuentra en grandes capilares o en estado libre.

Clasificación de las isotermas de sorción

Tóth (2001) citado por Choque (2009), muestra cinco tipos de comportamiento de isotermas de adsorción. (Gráfico N°5)

Gráfico N° 5: Los cinco tipos de Isotermas de adsorción de Van der Waals



Fuente: Shafiur (2003), citado por Choque (2009)

Shafiur (2003), citado por Choque (2009), describe tres tipos de isotermas, el tipo I es propio de los silicatos y materiales que no absorben líquidos, los del tipo II son las que presentan un punto de curvatura indicando la capacidad de absorber cantidades relativas de agua unida y libre, el tipo III característico de productos cristalinos solubles en agua como azúcares o sales.

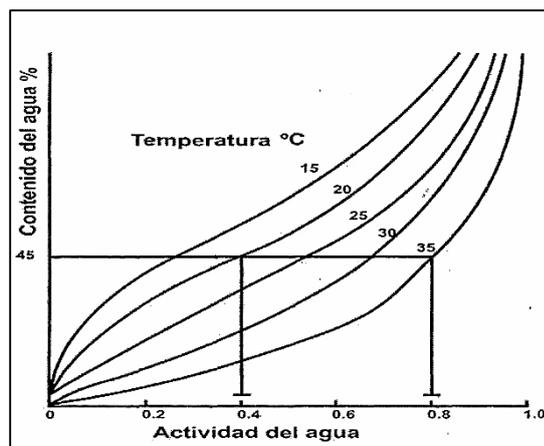
Labuza *et al* (1985) citado por Pedroso *et al* (1997), las humedades relativas fueron obtenidas con soluciones salinas saturadas que cubren un rango de actividad de agua (a_w) de 0.11 a 0.85, que pueden ser calculadas a través de las ecuaciones de regresión.

1.2.8 Efecto de la temperatura en las isotermas

Barbosa-Cánovas y Vega-Mercado (2000), la actividad de agua es constante para los alimentos como productos terminados que están en equilibrio entre los componentes y su agua de constitución para una determinada temperatura, por consiguiente, al aumentar la temperatura disminuirá la cantidad de agua que adsorberá, a excepción de ciertos azúcares que por sus componentes de baja masa molecular se vuelven más higroscópicos al subir la temperatura. Sin embargo, frente a acciones de reactividad química y microbiológica también se ve afectada por la relación temperatura-contenido de humedad, ya que un aumento de la temperatura provoca un aumento de la actividad de agua a un contenido de humedad constante.

Badui (1999), indica que cuando la temperatura aumenta, el valor de la a_w aumentará porque la presión de vapor también aumentará. La Gráfica 6 muestra la tendencia para la mayoría de los alimentos.

Gráfico N° 6: Influencia de la temperatura en las isotermas de adsorción



Fuente: Badui (1999)

1.2.9 Modelos matemáticos para las isothermas de sorción

Clemente (2003), indica que para modelar las isothermas se han desarrollado muchas ecuaciones matemáticas ubicadas en tres rubros: teóricas, semiempíricas y empírico total.

Moura y Gemer (1997) citado por Araujo (2001), describen los modelos matemáticos, indicando que los teóricos procuran explicar las interacciones existentes entre el agua y la composición del alimento, los modelos empíricos empleadas generalmente para correlacionar y ajustar los valores según sea su composición.

La ecuación utilizada en este trabajo de investigación describirá el comportamiento de la curva de adsorción de humedad de la muestra seca de polvo atomizado:

a. Modelo de B.E.T (Brunauer, Emmet y Teller)

Rizvi (1986) citado por Gabas (1998), el modelo de B.E.T es el más utilizado y proporciona un buen ajuste para una variedad de alimentos sobre una región de actividad de agua entre 0.05 y 0.45, siendo expresado de la siguiente forma:

$$x_e = \frac{x_m C_{BET} a_w}{(1-a_w)(1+a_w (C_{BET} - 1))} \dots\dots\dots(1)$$

Donde

x_e = Humedad de equilibrio (g agua/g m.s)

x_m = Humedad de la monocapa (g agua/g m.s)

a_w = Actividad de agua

C_{BET} = Constante de B.E.T relacionada al calor de sorción.

b. Modelo de G.A.B (Guggenheim, Anderson y De Boer)

Kiranoudis *et al* (1993); Wolf *et al* (1984), citado por Vega *et al* (2006), el modelo de G.A.B es una ecuación de tres parámetros, utilizado para ajustar datos de sorción de productos alimenticios hasta actividades de

agua de 0.9 (Lima, 2006). Este modelo es de amplio uso en alimentos y es recomendado por el proyecto europeo COST 90, que trata sobre propiedades físicas en alimentos.

Lomauro et al (1985) citado por Lima (2006), verificaron que el modelo de G.A.B puede representar más del 50% de las isotermas de frutas, vegetales y carnes.

siendo expresado de la siguiente forma:

$$x_e = \frac{x_m C_{GAB} K_{GAB} a_w}{(1 - K_{GAB} a_w)(1 - (1 - C_{GAB}) K_{GAB} a_w)} \dots \dots \dots (2)$$

Donde:

x_m = Humedad de la monocapa (g agua/g m.s)

C_{GAB} = Constante de Guggenheim, característica del producto y relacionada con el calor de adsorción de la monocapa.

K_{GAB} = Es un factor de corrección relacionado con el calor de sorción.

a_w = Actividad de agua.

c. Modelo de la ecuación de Arrhenius

Labuza y Riboh (1982), la ecuación de Arrhenius expresa la influencia de la temperatura en la velocidad de reacción en los estudios de vida útil de los alimentos.

Saguy y Karel (1980), consideran esta ecuación, junto con las expresiones cinéticas de los distintos órdenes de reacción, se puede construir un modelo cinético matemático que describa la pérdida de calidad de un alimento durante su almacenamiento, sin olvidar la influencia que ejerce la temperatura sobre los distintos procesos de deterioro.

Labuza y Riboh (1982), la implementación de estos modelos permite la cuantificación de energías de activación de procesos concretos de

deterioro a partir de valores experimentales de parámetros indicadores de estos procesos. Estos datos permiten la estimación de los tiempos de vida útil a diferentes temperaturas de almacenamiento.

Representada por la ecuación:

$$\ln k = \frac{-E_a}{RT} + \ln k_0 \dots \dots \dots (3)$$

Labuza y Riboh (1982), indican que graficando el logaritmo neperiano de la constante de velocidad de reacción ($\ln k$) versus el inverso de la temperatura absoluta ($1/T$) genera una línea recta cuya pendiente es la energía de activación (E_a) dividida entre la constante de los gases R, conociendo el valor de la pendiente podemos obtener el valor de la energía de activación para dicha recta y mediante la regresión lineal se podrá obtener el valor de la constante pre- exponencial (k_0).

$$k = k_0 e^{\frac{E_a}{RT}} \dots \dots \dots (4)$$

Donde:

k = constante de velocidad de reacción.

k_0 = Factor pre-exponencial

E_a = Energía de activación (cal / mol)

R = Constante de los gases ideales (1,987 cal / mol °k)

T = Temperatura absoluta (°k)

Según Gonzales (2001), una energía de activación (E_a) pequeña significa poca pendiente en la representación de Arrhenius y que la reacción es tan rápida que poca aceleración o activación se logra elevando la temperatura, por el contrario, una energía de activación grande significa una reacción lenta, con gran pendiente en la representación tipo Arrhenius por consiguiente se activara sustancialmente al elevar la temperatura.

1.2.10 Estimación de la vida útil del producto

Dado que el alimento debe ser seguro y de una calidad aceptable cuando se consume, entonces la vida útil de un alimento se define como el tiempo finito después de su producción en condiciones controladas de almacenamiento, en las que tendrá una pérdida de sus propiedades sensoriales y fisicoquímicas, y sufrirá un cambio en su perfil microbiológico, así mismo para determinar la vida útil de un alimento se requiere de:

- a. Análisis general del sistema producto – envase – alimento.
- b. Ensayos generales de almacenamiento y caracterización del alimento.
- c. Definición de la técnica de estudio
- d. métodos estadísticos o por modelos matemáticos.

1.3. Definición de términos básicos

- **Actividad de agua.** Es la humedad que está en equilibrio de un producto específico y este depende de la composición, la temperatura y el contenido en agua del producto. (Martin, 2015)
- **Atomización.** La atomización es un proceso que se utiliza bien para conservar los alimentos líquidos o bien como método rápido de secado. (Apaza, 2018).
- **Deshidratación.** Deshidratar consiste en eliminar la mayor concentración posible de agua presente en un producto. (Masters, 1991)
- **Encapsulante.** Agente que absorbe y protege al material central de factores externos, principalmente en aquellas sustancias sensibles al calor, la luz o la humedad y en caso de compuestos altamente reactivos que tienden a oxidarse fácilmente en presencia de oxígeno. (Vallejo, 2019)
- **Humedad.** Se denomina así al agua que pega a un cuerpo y también puede ser el vapor de la atmósfera que a través de la por condensación se transforma en nubes. (Mosquera, 2010)

- **Isotermas de sorción.** Es el equilibrio que existe de la adsorción de un material con una superficie específica a una temperatura constante. (Choque-Quipe D, et al, 2018).
- **Maltodextrina.** Es un polisacárido, que se usa en forma general para incrementar el volumen de los productos y tiene función de agente emulsificante. (Solis, 2010)
- **Modelamiento.** En ciencia y tecnología aplicadas, los modelos matemáticos son uno de los modelos científicos que utilizan ciertas fórmulas matemáticas para expresar relaciones, proposiciones sustantivas de hechos, variables, parámetros, entidades y variables operativas para estudiar la relación entre sistemas complejos de comportamiento. En situaciones que son difíciles de observar en la realidad (Reyes, 2020).
- **Provitamina A.** Se conoce como betacaroteno y está presente en alimentos de origen vegetal, como frutas y vegetales. (Vallejo, 2019)
- **Solución saturada.** Es una solución que ya no permite que se disuelva más soluto en ella, por lo que se considera como un sistema en equilibrio entre el soluto y el líquido. (Montgomery, 2004)

CAPÍTULO II: VARIABLES E HIPÓTESIS

2.1 Variables y su Operacionalización

2.1.1 Variable independiente:

Modelización de Isotermas de sorción del atomizado de *Mauritia flexuosa* (aguaje).

□ **Dimensión: Temperatura**

- ✓ Definición conceptual: Parámetro que mide el estado térmico de un cuerpo o sustancia en un determinado momento.
- ✓ Definición Operacional: Temperatura al cual se trabajará durante el proceso para la obtención de la isoterma de sorción de *Mauritia flexuosa* (aguaje)
- ✓ Indicador: Rango de temperatura.
- ✓ Índices: 20°C, 25°C, 30°C
- ✓ Instrumentos: Termómetros

□ **Dimensión: Concentraciones salinas saturadas**

- ✓ Definición conceptual: Cantidad de sales a emplearse para mantener un ambiente con humedad relativa en equilibrio.
- ✓ Definición Operacional: Soluciones saturadas preparada con 6 sales diferentes para obtener las isotermas de sorción
- ✓ Indicador: Tipos de soluciones
- ✓ Índices: Cloruro de Litio, Acetato de Potasio, Cloruro de Magnesio, Carbonato de Potasio, Nitrato de Magnesio, Nitrato de Sodio, Cloruro de Sodio, Cloruro de Potasio
- ✓ Instrumento: Balanza de precisión

□ **Dimensión: Humedad relativa del medio**

- ✓ Definición conceptual: Parámetro que mide la cantidad de vapor de agua presente en un ambiente confinado.
- ✓ Definición Operacional: Porcentaje de vapor de agua en las campanas en vacío para determinar las isotermas de sorción
- ✓ Indicador: Rango de humedades.
- ✓ Índices: 11.77 – 83.77% de humedad relativa

- ✓ Instrumento: higrómetro.
- **Dimensión: Isotermas de sorción.**
 - ✓ Definición conceptual: Curvas generadas al ganar humedad del medio y recreadas mediante modelos matemáticos.
 - ✓ Definición Operacional: Curvas generadas al ganar humedad del medio y recreadas mediante los modelos matemáticos de GAB y BET
 - ✓ **Indicador:** Actividad de agua.
 - ✓ **Índices:** Gramos de agua en el producto al final del proceso.
 - ✓ **Instrumento:** Fórmula Matemática

2.1.2 Variable dependiente: Contenido de provitamina A

- **Dimensión:** Concentración de maltodextrina
 - ✓ **Definición conceptual:** Cantidad de estabilizante que se empleara en el proceso de atomización.
 - ✓ **Definición Operacional:** Cantidad de encapsulante que se empleara para proteger el principio activo de la pulpa de aguaje.
 - ✓ **Indicador:** Porcentaje empleado de maltodextrina
 - ✓ **Índices:** 8%,10%,12%
 - ✓ **Instrumento:** balanza de precisión

- **Dimensión:** Concentración de provitamina A
 - ✓ **Definición conceptual:** Cuantificación de la provitamina A de la pulpa atomizada de aguaje (*Mauritia flexuosa*).
 - ✓ Definición Operacional: Concentración obtenida al final del proceso de atomizado de la pulpa atomizada de aguaje (*Mauritia flexuosa*).
 - ✓ Indicador: Concentración final de provitamina A en la pulpa
 - ✓ Índices: Microgramos de provitamina A al final del proceso.
 - ✓ Instrumento: Espectrofotómetro UV-VIS

2.2 Formulación de la Hipótesis

2.2.1. Hipótesis General

- La modelización de isotermas de sorción del atomizado de *Mauritia flexuosa* (aguaje) tiene efecto estadísticamente significativo en el contenido vitamínico A.

2.2.2. Hipótesis derivadas

- El efecto de las variables de operación (temperatura, diámetro de orificio del disco aspersor, encapsulante), permite reconocer el contenido final de provitamina A.
- Las isotermas de sorción modelados del polvo atomizado de *Mauritia flexuosa* (aguaje) es determinado por los modelos matemáticos de G.A.B y B.E.T.
- El modelo encontrado es el que mejor describe las curvas de sorción del polvo atomizado de *Mauritia flexuosa* (aguaje).
- Se identifica la energía de activación de los parámetros termodinámicos mediante los modelos matemáticos de G.A.B y B.E.T a las temperaturas establecidas para la determinación de las isotermas.
- Se identifica el contenido de humedad de la monocapa (X_m) del polvo atomizado de *Mauritia flexuosa* (aguaje).
- Se identifica la mayor concentración final de la provitamina A del polvo atomizado de *Mauritia flexuosa* (aguaje), y se evalúa su duración a través del tiempo.

CAPITULO III: METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de la investigación

3.1.1. Tipo de Investigación

El tipo de investigación es propiamente Experimental, con la toma de datos durante todo el tiempo que duró el experimento, por lo tanto, tendrá una aproximación cuantitativa que será representado mediante un modelo numérico cuya característica principal consiste la correcta manipulación de las variables independientes (causas-antecedentes) y analizar el efecto causado en la variable dependiente (efectos -consecuentes) (Hernández, Fernández, y Baptista, 2010) sobre la cantidad final de pro vitamina A.

3.1.2. Diseño de la investigación

En la elaboración del polvo atomizado de *Mauritia flexuosa* (aguaje) empleado en la determinación de las isothermas de sorción se aplicó un diseño factorial, en el que se investiga todas las posibles combinaciones de los niveles y las interacciones de los factores, utilizado generalmente para comprender el efecto de las variables independientes respecto de una variable dependiente,

La presente investigación se desarrolló con los siguientes factores de estudio que son 3: temperatura, diámetro de orificio y concentración de maltodextrina cada uno con 2 niveles, entonces cuando se tiene dos o más factores es un diseño factorial simple Montgomery (2004) siendo este conocido como un diseño factorial 2^3 haciendo un total de 8 tratamientos.

Factores	Dominio experimental	
	Nivel (-)	nivel (+)
X ₁ : Temperatura (°C)	195	200
X ₂ : Diámetro orificio (mm)	2.5	4.0
X ₃ : Concentración de maltodextrina	8	12

Del mismo modo se realiza una matriz para la determinación de las isothermas bajo estas condiciones de operación, El método utilizado es el isopiástico-gravimétrico, será un método de igual peso, que utiliza una cápsula de polipropileno sellada (estabilizador de espuma) como unidad funcional, dando como resultado un intercambio de agua entre la muestra y la sustancia donante o aceptora de moléculas de agua (adsorbente), son soluciones salinas saturadas (a_w) con actividad de agua conocida, El estabilizador se encuentra en condiciones de temperatura controlada hasta que el flujo de moléculas de agua entre la muestra y el adsorbato alcanza el equilibrio, alcanzando un equilibrio isocrático. Si comenzamos con una muestra deshidratada, el flujo de moléculas de agua fluirá desde la corriente adsorbida a la muestra y nos encontraremos en la cinética de adsorción. Por otro lado, si partimos de la muestra con mayor contenido de humedad, la muestra liberará humedad al adsorbato, en cuyo caso descubriremos la cinética de desorción. Se utilizó una balanza analítica de precisión Martin J.(2015), para registrar el aumento de humedad en la muestra.

Los cambios en los contenidos de humedad del alimento y el tiempo que éste demora en alcanzar la saturación se podrán estimar mediante correlaciones matemáticas revisadas por Nuñez y Chumbiray, (1991) y actualizadas por Rodriguez M (2010) que considera las presiones de vapor internas y externas del ambiente controlado.

Saber el comportamiento de las isothermas de sorción de agua y el calor isostérico de sorción son esencialmente importantes porque se podría determinar el tiempo de vida útil del producto, el mejor empaque a emplear y por supuesto el porcentaje de humedad máximo a tener el producto seco, al mismo tiempo se podrá determinar las interacciones de los componentes del alimento con el agua que es la fuente de su posible deterioro, (Pulla P, 2011).

El modelo matemático a emplear es el modelo de B.E.T (Brunauer, Emmet y Teller) empleados en una variedad de alimentos con actividad de agua comprendidos entre 0.05 y 0.45.

$$x_e = \frac{x_m C_{BET} a_w}{(1 - a_w)(1 + a_w (C_{BET} - 1))}$$

Donde:

X_e = Humedad de equilibrio (g agua/g m.s)

X_m = Humedad de la monocapa (g agua/g m.s)

A_w = Actividad de agua

C_{BET} = Constante de BET relacionada al calor de sorción.

El Modelo matemático de G.A.B (Guggenheim, Anderson y De Boer), es una ecuación de tres parámetros, para actividades de agua de 0.9, representada por la ecuación:

$$x_e = \frac{x_m C_{GAB} K_{GAB} a_w}{(1 - K_{GAB} a_w)(1 - (1 - C_{GAB}) K_{GAB} a_w)}$$

Donde:

X_m = Humedad de la monocapa (g agua/g m.s)

C_{GAB} = Constante de Guggenheim, característica del producto y relacionada con el calor de adsorción de la monocapa.

K_{GAB} = Es un factor de corrección relacionado con el calor de sorción de la multicapa.

El Modelo matemático de Arrhenius, es una ecuación que depende fuertemente de la temperatura del aire, Representada por la ecuación:

$$\ln k = \frac{-E_a}{RT} + \ln k_0$$

Donde:

k = constante de velocidad de reacción.

k_0 = Factor pre-exponencial

- E_a = Energía de activación (cal / mol)
 R = Constante de los gases ideales (1,987 cal / mol $^{\circ}$ k)
 T = Temperatura absoluta ($^{\circ}$ C)

Tabla N° 1: Ecuaciones a utilizar para el modelado de las isotermas de la pulpa de *Mauritia flexuosa* (aguaje).

Modelo	Ecuación	Parámetros
GAB	$x_e = \frac{x_m C_{GAB} K_{GAB} a_w}{(1 - K_{GAB} a_w)(1 + (C_{GAB} - 1) K_{GAB} a_w)}$	<p>x_m, es la humedad del producto, correspondiente a la situación donde el punto de adsorción principal está saturado con moléculas de agua.</p> <p>C_{GAB}, es la constante de Guggenheim, una característica del producto, y está relacionada con el calor de absorción de una sola capa..</p> <p>K_{GAB}, es el factor de corrección relacionado con el calor de absorción del producto..</p> <p>a_w, actividad de agua.</p>
BET	$x_e = \frac{x_m C_{BET} a_w}{(1 - a_w)(1 + a_w (C_{BET} - 1))}$	<p>x_m, es la humedad del producto correspondiente a una capa monomolecular de agua absorbida.</p> <p>C_{BET}, es la constante característica del material relacionada con el calor desprendido en el proceso de sorción.</p> <p>a_w, actividad de agua.</p>
ARRHENIUS	$\ln k = \frac{-E_a}{RT} + \ln A$	<p>k = constante de velocidad de reacción.</p> <p>k_0 = Factor pre-exponencial</p> <p>E_a = Energía de activación (cal / mol)</p> <p>R = Constante de los gases ideales (1,987 cal / mol $^{\circ}$k)</p> <p>T = Temperatura absoluta</p>

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

El estudio se desarrolló en los ambientes de la Facultad de Industrias Alimentarias (planta de conservas y laboratorio de análisis físico químico) de la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana-Iquitos-Perú.

La población de este estudio está constituida por los frutos de *Mauritia flexuosa* (aguaje) provenientes de las comunidades de Parinari y de Santa Rita de Castilla, ubicadas en la región Loreto, provincia de Loreto conocidas zonas productoras del fruto de aguaje de la variedad shambo y amarillo que llegan al mercado de Mayorista de Productores de la ciudad de Iquitos.

3.2.2. Muestra

La muestra para cada tratamiento de la investigación tuvo un peso de 10 kg de pulpa de los frutos de *Mauritia flexuosa* (aguaje), provenientes de las comunidades de Parinari y Santa Rita de Castilla.

Criterios de selección

De esta población se seleccionó como muestras los frutos en buen estado y se procedió a evaluar los frutos de *Mauritia flexuosa* (aguaje) realizando análisis sensorial y fisicoquímico. Posteriormente se pulpeo y se adiciono maltodextrina (encapsulante) y finalmente se atomizo, al polvo obtenido se le realizó una evaluación fisicoquímica y finalmente al tratamiento que presente mejores condiciones se le evaluaron las características fisicoquímicas.

3.3. Técnica e instrumentos

3.3.1. Técnica

Existen varias técnicas, el nivel empleado por las dimensiones y diseño del equipo es industrial.

Tabla N° 2: Técnica y recolección de datos

Técnica	Datos
Registro	Grados Celsius (°C)
Registro	Volumen Liquido atomizado
Registro	%
Método A.O.A.C 2004.	Humedad Ceniza Grasa Proteínas Carbohidratos Calorías Vitamina C Provitamina A
Ficha de evaluación sensorial	Apariencia general, color, sabor, olor y textura.

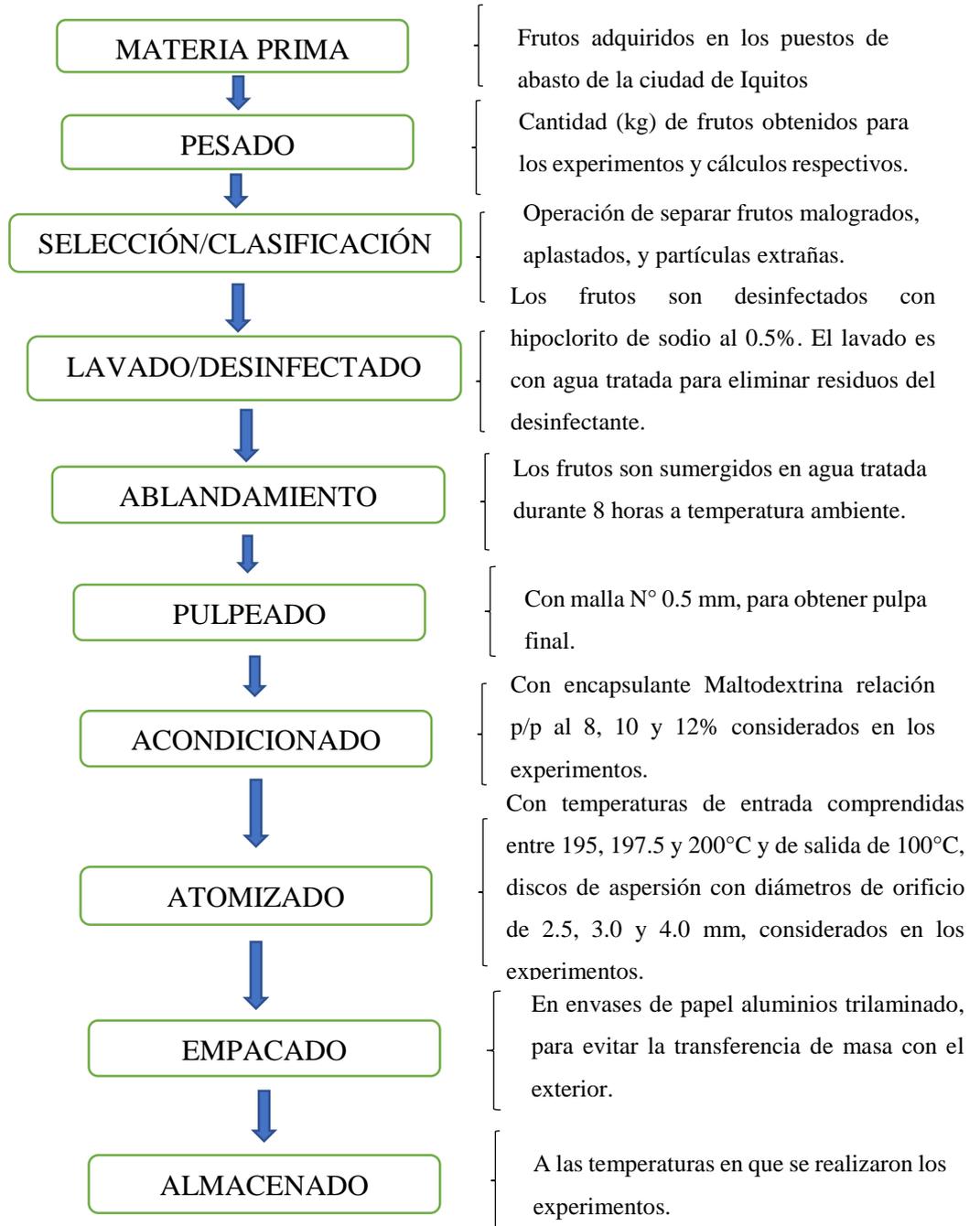
3.2.2. Instrumentos

Tabla N° 3: Instrumentos

Instrumento	Datos
Termostato del atomizador	Grados Celsius (°C)
Disco aspersor del atomizador	Volumen Liquido atomizado
Balanza	%
Equipos para determinación del químico proximal. Reactivos	Humedad Ceniza Grasa Proteínas Carbohidratos Calorías Vitamina C Provitamina A
Panelistas semi-entrenados	Apariencia general, color, sabor, olor y textura.

3.4. Procedimiento de recolección de datos

Grafico N° 7. Diagrama de flujo para la obtención de polvo atomizado de *Mauritia flexuosa* (aguaje).



Se procedió al registro de la información, después de la deshidratación de *Mauritia flexuosa* (aguaje). Se determinó la cantidad de producto obtenido haciendo uso de una balanza y al tratamiento que presente

mejores condiciones fueron llevados al laboratorio de control de calidad de la Facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana para su respectivo análisis.

El análisis físico-químico del producto atomizado se realizará siguiendo los siguientes métodos:

- ✓ Humedad (Referencia. Técnica: 31:005 de A.O.A.C. (1998))
- ✓ Ceniza (método de N.T.P. 206.012)
- ✓ Grasa (método A.O.A.C. 960.39, (1998))
- ✓ Proteínas (método ITINTEC-NTP 201.021.)
- ✓ Carbohidratos (por diferencia de porcentaje (MINSA, 2009))
- ✓ Fibras (Referencia Técnica: A.O.A.C. 920.39, (1998)).
- ✓ Calorías (Referencia. Técnica: 31:005 de A.O.A.C. (1998))
- ✓ Vitamina C (Referencia Técnica: A.O.A.C. 43.064 (1984))
- ✓ Provitamina A (Espectrofotómetro UV-Vis)

3.5. Técnicas de procedimientos y análisis de los datos

Al proceso se le aplicó un análisis de varianza (ANOVA) con la ayuda del software estadístico Minitab versión 17, al 95 % de significancia analizando la influencia de la temperatura, diámetro de orificio y la concentración de la maltodextrina, como efectos entre las variables de operación. Se empleó un diseño factorial de 2^3 es decir de dos niveles con tres factores según el modelo: $Y = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + B_3X_3 + B_4X_1X_2 + B_5X_1X_3 + B_6X_2X_3 + B_7X_1X_2X_3$; los resultados que se obtuvieron con el experimento permitían determinar los coeficientes de regresión de los cuales sólo quedaron en el modelo los parámetros que son altamente significativos.

3.6. Aspectos éticos

Toda información recolectada para la ejecución del proyecto son datos fiables, no estar reñida contra la ética puesto que no afectó a las personas ni los recursos naturales y el manejo de sustancias químicas, se realizó siguiendo el plan de manejo de residuos sólidos peligrosos y no peligrosos de la UNAP.

CAPITULO IV: RESULTADOS

4.1. Resultados del proceso de Atomización de la pulpa de *Mauritia flexuosa* (aguaje)

Tabla N° 4: Resultados del Análisis Físico Químico del aguaje atomizado

En la tabla N° 4 según la matriz planteada con una muestra de 10 litros de pulpa de *Mauritia flexuosa* (aguaje), empleando el método recomendado por la A.O.A.C (2014); se puede notar claramente que la Provitamina A (β -Caroteno) es mayor a una Temperatura de 195 °C y disminuye a una Temperatura de 200 °C con una humedad significativa lo que garantiza que la temperatura de operación es buena y el producto no será afectado por hongos ya que estos proliferan en contenidos de agua muy superiores, lo que nos garantiza un tiempo de vida adecuado hasta su uso como contenido de Provitamina A.

Tabla N° 4: Resultados del Análisis Físico Químico de *Mauritia flexuosa* (aguaje) atomizado

N	T° (°C)	Diámetro de orificio (mm)	Maltodextrina (%)	Provitamina A (β-caroteno) (mg)	Concent. Vit. C (mg/100g de pulpa)	% Humedad (x)	Ceniza (%)	Grasa (%)	Proteína (%)	Carbohidratos (%)	Sólidos Totales (%)
1	195	2.50	8	456	8.47	2.68	1.83	37.72	7.28	50.49	97.32
2	200	2.50	8	447	8.52	2.44	1.93	22.46	6.08	67.09	97.56
3	195	4.00	8	437	8.43	2.17	2.21	23.34	7.20	65.08	97.83
4	200	4.00	8	429	8.41	2.23	1.85	23.97	7.16	64.79	97.77
5	195	2.50	12	459	8.50	2.29	1.95	35.34	7.29	53.13	97.71
6	200	2.50	12	418	8.52	2.36	1.89	36.99	7.31	51.45	97.64
7	195	4.00	12	413	8.28	2.39	1.81	34.75	7.27	53.78	97.61
8	200	4.00	12	390	8.32	2.24	1.79	33.66	7.31	55	97.76

Tabla N° 5: Contenido de Provitamina A en la pulpa de *Mauritia flexuosa* (aguaje).

CONCENTRACIÓN DE ENCAPSULANTE (%)	TEMPERATURA (°C)	PROVITAMINA A (mg/100g)
8	195	456
8	200	447
8	195	437
8	200	429
12	195	459
12	200	418
12	195	413
12	200	390

Los resultados fisicoquímicos con la adición de maltodextrina en 2 concentraciones diferentes muestran que: los tratamientos con 8 y 12% de maltodextrina y a una temperatura de 195 °C muestran mejores condiciones para preservar la provitamina A presente en la muestra, indicando que es un encapsulante ideal para soluciones oleaginosas.

Tabla N° 6: Resultados del Análisis Microbiológico del aguaje atomizado

Ensayos Microbiológicos	Cantidad (UFC /g)
Mohos	10
Levadura	<10
<i>E. coli</i> (NMP / g)	0
<i>Salmonella sp</i>	Ausencia en 25 g

En la Tabla N° 6: nos muestra que el procedimiento seguido para la elaboración de polvo atomizado de *Mauritia flexuosa* (aguaje) es ideal reflejándose en los resultados microbiológicos ya que están dentro de los parámetros permitidos por la Norma NTS N° 071 MINSA / DIGESA V.01 norma que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano.

4.2. Resultados del proceso de Humedad (X) con las sales utilizadas a diferentes temperaturas.

Tabla N° 7: Humedad X (g agua / 100g m.s.) con cloruro de sodio a 20 °C.

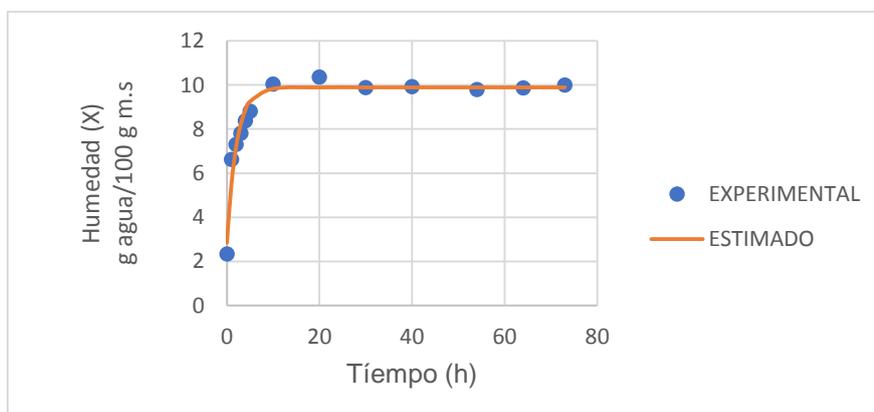
Tiempo (h)	Humedad (X)	Tiempo (h)	Humedad (X)
0	2.33	20	10.36
1	6.624	30	9.881
2	7.302	40	9.922
3	7.804	44	9.648
4	8.376	48	9.846
5	8.798	51	9.724
6	9.148	51	9.632
7	9.488	54	9.786
8	9.754	64	9.854
9	9.868	73	9.984
10	10.038	78	9.986

En la tabla N° 7, muestra el incremento de humedad del polvo atomizado de *Mauritia flexuosa* (aguaje), en un tiempo máximo de 78 horas obteniendo una humedad de equilibrio experimental de 9,986 g agua/100 g m.s.

Curva del proceso

$$Y = 9.890528 + 7.04713e^{0.4795 t} \dots\dots(A)$$

Gráfico N° 8. Curva del proceso de humedad del cloruro de sodio a 20°C



En el grafico N° 8, se presenta la ganancia de humedad del polvo atomizado de aguaje a 20 °C, estas fueron obtenidas relacionando los valores experimentales de humedad (X) versus tiempo (h), se aprecia que la mayor absorción de humedad se da durante las primeras 20 horas disminuyendo después hasta llegar al equilibrio.

Los datos presentan una curva tipo exponencial y mediante una regresión se pudo ajustar sus valores reflejados mediante la ecuación (A), encontrado para todo el proceso una Humedad de Equilibrio (Xe) Teórica de 9.8905(g agua/100g.m.s

Tabla N° 8: Valores de humedad X (g agua / 100g m.s.) con Cloruro de potasio a 25 °C

Tiempo (h)	Humedad (X)	Tiempo (h)	Humedad (X)
0	4.0	42	14.524
1	4.866	44	14.796
2	6.612	46	14.844
3	7.802	48	14.762
4	8.666	51	14.77
5	9.172	54	14.386
6	9.868	57	14.254
7	10.05	60	14.144
8	10.58	63	13.796
9	11.202	66	13.554
10	11.218	69	13.736
20	12.86	72	13.978
30	13.092	75	14.11
40	14.256	78	14.1153

En la tabla N° 8, se puede notar la ganancia de humedad del polvo atomizado *Mauritia flexuosa* (aguaje), en un tiempo máximo de 78 horas obteniendo una humedad (X) de 14,1153 (g agua/100g m.s.)

Curva del proceso

$$Y = 14.1153 + 12.2687e^{0.17846 t} \dots\dots\dots(B)$$

Gráfico N° 9. Curva del proceso de humedad de cloruro de potasio a 25°C



En el grafico N°9, se presenta la ganancia de humedad del polvo atomizado de *Mauritia Flexuosa* (aguaje) a 25°C, estas fueron obtenidas relacionando los valores experimentales de humedad (X) versus tiempo (h), se aprecia que la mayor absorción de humedad se da durante las primeras 38 horas disminuyendo después hasta llegar al equilibrio. Los datos presentan una curva tipo exponencial y mediante una regresión se pudo ajustar sus valores reflejados mediante la ecuación (B), encontrado para todo el proceso una Humedad de Equilibrio (Xe) Teórica de 14.1153 (g agua/100g m.s)

Tabla N° 9: Valores de humedad X (g agua / 100g m.s.) con Ioduro de potasio a 30 °C

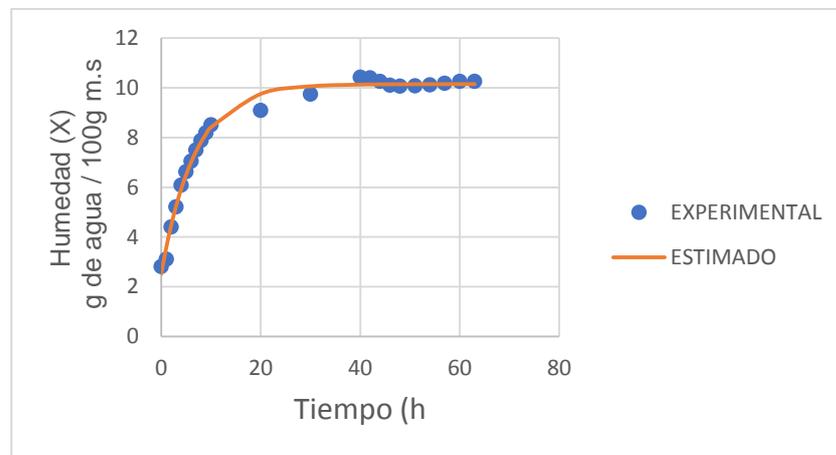
TIEMPO (h)	Humedad (g)	TIEMPO (h)	Humedad (g)
0	2.81	25	9.352
1	3.104	30	9.75
2	4.4	40	10.43
3	5.208	42	10.398
4	6.082	44	10.262
5	6.624	46	10.102
6	7.052	48	10.066
7	7.492	51	10.074
8	7.882	54	10.11
9	8.19	57	10.182
10	8.51	60	10.254
20	9.084	63	10.254

La Tabla N° 9, muestra el incremento de humedad del polvo atomizado *Mauritia flexuosa* (aguaje), en un tiempo máximo de 63 horas obteniendo una humedad de equilibrio experimental de 10.254 g agua/100g m.s.

Curva del proceso

$$Y = 10.150464 + 7.6322349e^{0.1480231 t} . \quad (C)$$

Gráfico N° 10. Curva del proceso de humedad de Ioduro de potasio a 30°C



El gráfico N°10, presenta la ganancia de humedad del polvo atomizado de *Mauritia Flexuosa* (aguaje) a 30°C, estas fueron obtenidas relacionando los valores experimentales de humedad (x) versus tiempo (h), se aprecia que la mayor absorción de humedad se da durante las primeras 40 horas disminuyendo después hasta llegar al equilibrio.

Los datos presentan una curva tipo exponencial y mediante una regresión se pudo ajustar sus valores reflejados mediante la ecuación (C).

Se encontrado para todo el proceso una Humedad de Equilibrio (Xe) Teórica de 10.1504 (g agua/100g m.s)

Tabla N° 10: Valores de humedad de equilibrio Xe (g de agua/g.m.s) para las diferentes sales.

Solución salina	TEMPERATURA		
	20 °C	25 °C	30 °C
	Xe (b.s)	Xe (b.s)	Xe (b.s)
Cloruro de sodio	9.8905	9.754	9.509
Cloruro de potasio	15.418	14.115	14.717
Nitrato de potasio	22.001	21.965	20.007
Acetato de magnesio	9.221	9.174	10.392
Hidroxido de potasio	1.458	2.774	2.812
Ioduro de potasio	8.341	8.281	10.15

En la tabla N° 10 se aprecia una tendencia positiva del contenido de humedad de equilibrio (Xe), es decir los valores de (Xe) suben conforme se incrementa la temperatura demostrando una dependencia directa e indicando un comportamiento de absorción.

4.3. Parámetros de ajuste de las isotermas de sorción de la pulpa de *Mauritia flexuosa* (aguaje) para diferentes modelos matemáticos obtenidos a 20 ° C, 25 ° C y 30 ° C.

Tabla N° 11: Valores de las constantes de G.A.B y B.E.T (20 °C)

CONSTANTES OBTENIDAS A 20 °C								
Cloruro de sodio			Cloruro de potasio			Nitrato de potasio		
B.E.T	a =	0.004	BET	a =	0.004	BET	a =	0.0083
	b =	0.2687		b =	0.2687		b =	0.2529
	C =	68.175		C =	68.175		C =	31.4698795
	Xm	3.66703337		Xm=	3.66703337		Xm=	3.82848392
G.A.B	K =	0.91201053	GAB	K =	0.91201042	GAB	K =	0.91200991
	C =	23.7301594		C =	23.7302606		C =	23.7304532
	Xm	4.27981456		Xm=	4.27981511		Xm=	4.27979555

Acetato de magnesio		Hidróxido de potasio		Ioduro de potasio	
	a = 0.0079		a = 0.0108		a = 0.0055
BET	b = 0.2507	BET	b = 0.226	BET	b = 0.2584
	C = 32.7341772		C = 21.9259259		C = 47.9818182
	Xm = 3.86697602		Xm = 4.22297297		Xm = 3.78931413
GAB	K = 0.91231843	GAB	K = 0.91201253	GAB	K = 0.39535716
	C = 23.743006		C = 23.7304534		C = 10.4468988
	Xm = 4.27830134		Xm = 4.27979852		Xm = 5.90404413

a,b: Valores de la ecuación lineal para encontrar las constantes de B.ET.

En la Tabla N° 11, se muestran las constantes de los modelos matemáticos de B.E.T y G.A.B.

Los valores obtenidos en la monocapa (X_m) por el método de B.E.T presentan un valor de 3.66703337 g agua/g m.s para el cloruro de sodio y cloruro de potasio y 5.9040 g agua/g m.s en el Ioduro; y los valores de la monocapa de (X_m) del modelo de G.A.B para el cloruro de sodio y cloruro de potasio es de 4.27830134g agua/g m.s y de 5.90404413g agua/g m.s en el Ioduro de potasio ,estos valores cercanos reflejan nuevamente la dependencia de las sales frente a la temperatura inhibiendo su capacidad de hidratación.

Tabla N° 12: Valores de las constantes de G.A.B y B.E.T (25 °C).

CONSTANTES OBTENIDAS A 25 °C					
Cloruro de sodio		Cloruro de potasio		Nitrato de potasio	
	a = 0.0105		a = 0.0102		a = 0.0087
BET	b = 0.2502	BET	b = 0.2651	BET	b = 0.2541
	C = 24.8285714		C = 26.9901961		C = 30.2068966
	Xm = 3.83582662		Xm = 3.63240102		Xm = 3.80517504
	K = 0.8963865		K = 0.41798983		K = 0.99576231
GAB	C = 9.47846556	GAB	C = 1.1529887	GAB	C = 16.2987303
	Xm = 4.59263367		Xm = 32.0970891		Xm = 3.9044006

Acetato de magnesio		Hidróxido de potasio		Ioduro de potasio	
	a = 0.0085		a = 0.0106		a = 0.0079
BET	b = 0.2489	BET	b = 0.2315	BET	b = 0.2538
	C = 30.2823529		C = 22.8396226		C = 33.1265823
	Xm = 3.88500389		Xm = 4.13052458		Xm = 3.82116928

	K = 0.90828143		K = 0.91201021		K = 0.91201049
GAB	C = 22.427817	GAB	C = 23.7299894	GAB	C = 23.7299894
	Xm = 4.31126886		Xm = 4.27981569		Xm = 4.279815

a,b: Valores de la ecuación lineal para encontrar las constantes de B.ET.

La tabla N° 12, muestran que los modelos matemáticos de B.E.T y G.A.B. Los valores obtenidos en la monocapa (X_m) por el método de B.E.T presenta un valor de 3.632401 g agua/g m.s para el cloruro de potasio y 4.13052458 g agua/g m.s en el Hidróxido de potasio; y los valores de la monocapa de (X_m) del modelo de G.A.B para para el Hidróxido de potasio de 4.27830134 g agua/g m.s y de 4.5926 g agua/g m.s en el cloruro de sodio, estos valores se mantienen cerca de los valores a 20°C .

Tabla N° 13: Valores de las constantes de G.A.B y B.E.T (30 °C)

CONSTANTES OBTENIDAS A 30 °C					
Acetato de magnesio		Hidróxido de potasio		Ioduro de potasio	
	a = 0.0063		a = 0.0031		a = 0.0006
BET	b = 0.2586	BET	b = 0.2695	BET	b = 0.2793
	C = 42.047619		C = 87.9354839		C = 466.5
	Xm = 3.77500944		Xm = 3.66837858		Xm = 3.57270454
	K = 0.91201253		K = 0.91201041		K = 0.91201045
GAB	C = 23.7304534	GAB	C = 23.730153	GAB	C = 23.7301239
	Xm = 4.27979852		Xm = 4.27981491		Xm = 4.27981553

Acetato de magnesio		Hidróxido de potasio		Ioduro de potasio	
	a = 0.0054		a = 0.0108		a = 0.0054
BET	b = 0.2609	BET	b = 0.2251	BET	b = 0.2616
	C = 49.3148148		C = 21.8425926		C = 49.4444444
	Xm = 3.75516335		Xm = 4.23908436		Xm = 3.74531835
	K = 0.91201253		K = 0.91200819		K = 0.91201253
GAB	C = 23.7304534	GAB	C = 23.7303432	GAB	C = 23.7304534
	Xm = 4.27979852		Xm = 4.27977365		Xm = 4.27979852

a,b: Valores de la ecuación lineal para encontrar las constantes de B.ET.

la tabla N° 13, muestra que los modelos matemáticos de B.E.T y G.A.B la monocapa de (X_m) del modelo de G.A.B es 4.27981553g agua/g m.s en el Ioduro de potasio que a diferencia del Hidróxido de potasio que presenta 4.27977365g agua/g m.s para la temperatura de 30 °C.

En el análisis de B.E.T la monocapa de (X_m) es 4.23908436g agua/g m.s y en el Hidróxido de potasio y en el Ioduro de potasio es 3.57270454g agua/g m.s para la temperatura de 30 °C.

4.4. Constantes de las isotermas de sorción de la pulpa de *Mauritia flexuosa* (aguaje) para diferentes modelos matemático de Arrhenius

$$\ln k = \frac{-E_a}{RT} + \ln A \dots\dots\dots \text{Ecuación de Arrhenius}$$

Tabla N° 14: Determinación de la Energía de activación (E_a) de las constantes de G.A.B por el método de Arrhenius

(Ea) para todo el proceso (20, 25 y 30 °C)						
	Cloruro de sodio	Ea (KJ/mol K)	Cloruro de potasio	Ea (KJ/mol K)	Nitrato de Potasio	Ea (KJ/mol K)
GAB	Xm	57.963912	Xm	75.794679	Xm	75.444828
	C	756.73353	C	2497.155	C	311.15964
	K	14.104563	K	644.09979	K	72.575385

(Ea) para todo el proceso (20, 25 y 30 °C)						
	Acetato de Magnesio	Ea (KJ/mol K)	Hidróxido de Potasio	Ea (KJ/mol K)	Ioduro de Potasio	Ea (KJ/mol K)
GAB	Xm	32.029233	Xm	0.422979	Xm	23890.419
	C	85.87554	C	0.35733	C	60923.103
	K	28.286409	K	0.351513	K	62067.39

En la tabla N° 14, la energía de activación para romper la barrera de unión de los enlaces fue 23890.419 KJ/mol K en el Ioduro de Potasio a una temperatura de 30 °C.

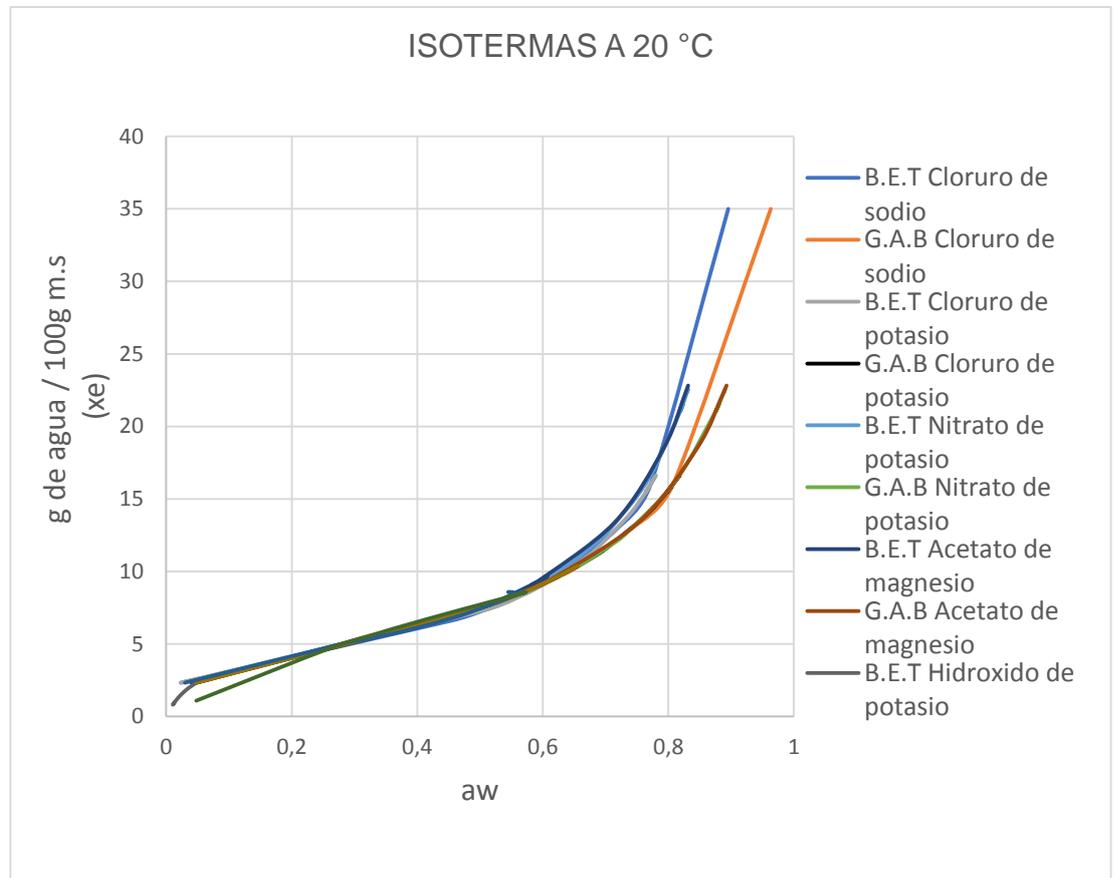
Es importante señalar que los modelos, mostraron mejor ajuste a medida que los valores de la temperatura se incrementaron. Por otra parte, también se puede observar que el valor de la monocapa (X_m) mostro una disminución con el aumento de la temperatura, lo cual nos indica que a mayor temperatura decrece la energía de unión de la primera capa absorbida.

El parámetro C, (C_{GAB} y C_{BET}) considerados constantes energéticas, Prieto et al (2006) citado por Choque (2009), menciona que C_{GAB} es una constante, k una constante correctiva que describe las propiedades de adsorción de agua más allá de la monocapa.

En la tabla N° 12, los valores de C_{GAB} es mayor a la unidad, esto indica que existe adsorción a nivel de la monocapa, por lo que el contenido de humedad en la monocapa se consigue de manera gradual durante los primeros días.

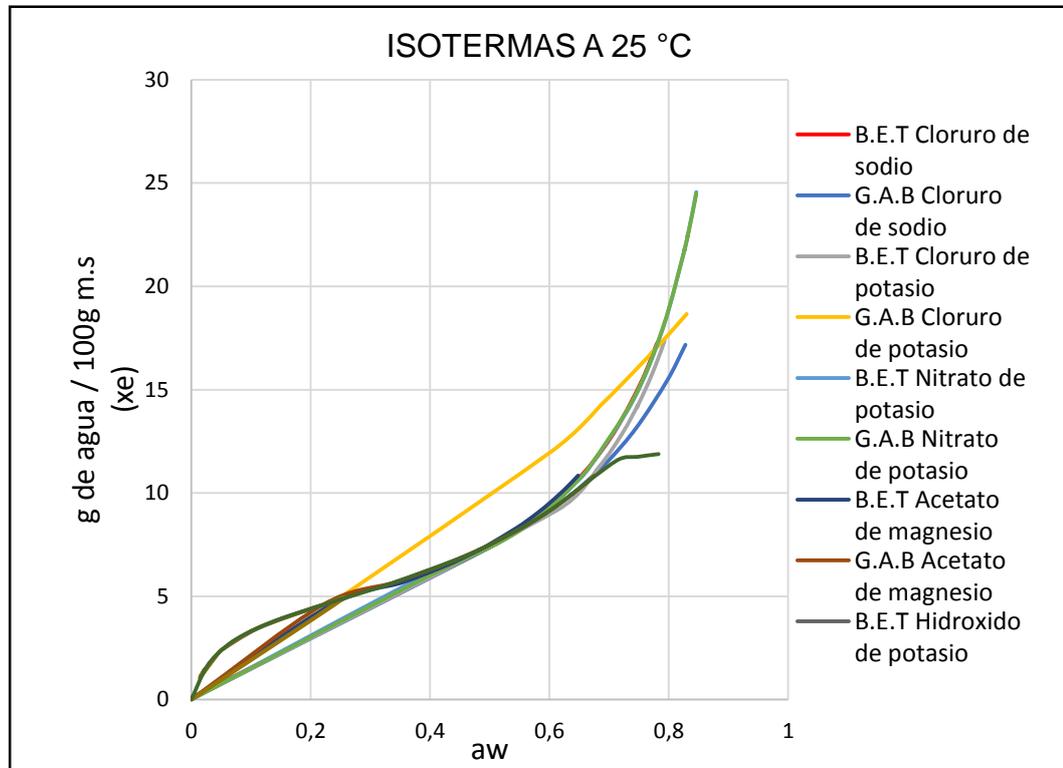
El parámetro K, presente en el modelo G.A.B, es una diferencia potencial químico, como K es mayor que la unidad por lo que decimos que los parámetros tienen energía de activación.

Gráfico N° 11. Isotermas de adsorción precisas mediante el modelo de G.A.B y B.E.T a temperatura de 20°C



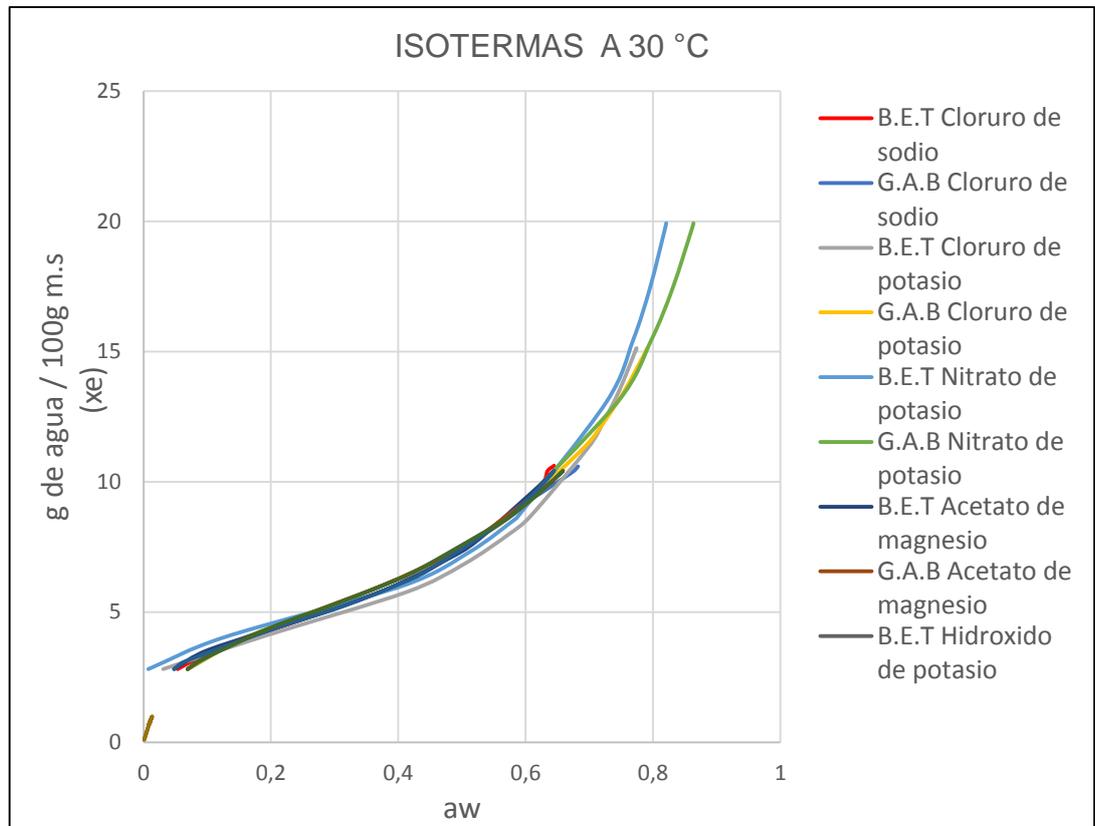
El gráfico N°11 muestra las isotermas obtenidas mediante la aplicación de los modelos de BET, GAB las que presentan morfología sigmoidea, y pueden clasificarse como pertenecientes al tipo II de la clasificación de (Brunauer et al, 1940) citado Martin J (2015). Las isotermas están referidas dentro de los valores de actividad de agua (a_w) 0.2 hasta 0.8.

Gráfico N° 12. Isotermas de adsorción precisas mediante el modelo de G.A.B y B.E.Ta temperatura de 25°C.



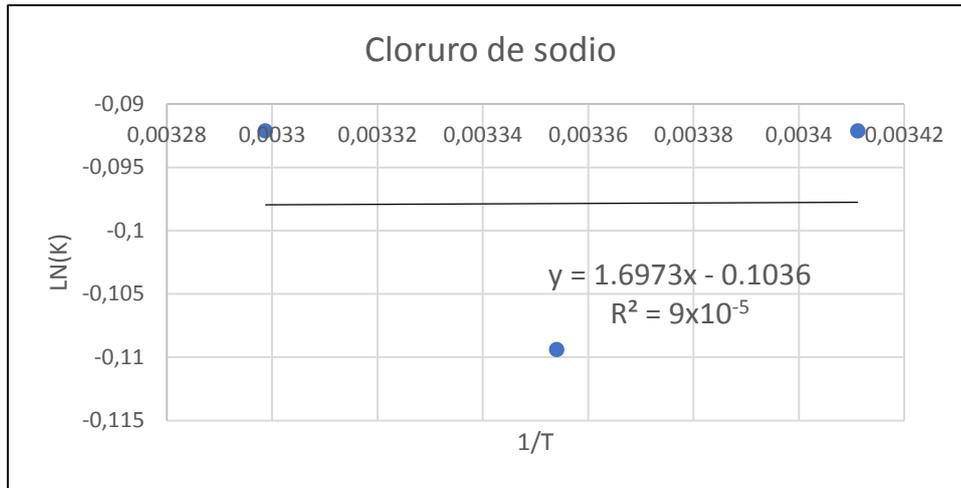
El gráfico N°12 muestra las isotermas obtenidas mediante la aplicación de los modelos de BET, GAB las que presentan morfología sigmoidea, y pueden clasificarse como pertenecientes al tipo II de la clasificación de (Brunauer et al, 1940), un mejor ajuste lo presenta la curva generada por el nitrato de potasio.

Gráfico N° 13. Isotermas de adsorción precisas mediante el modelo de G.A.B y B.E.T a temperatura de 30°C



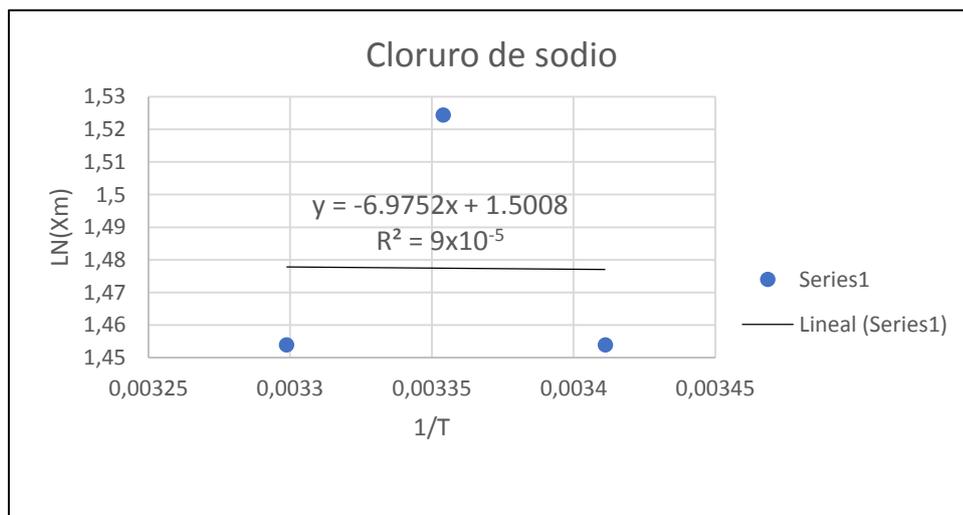
El gráfico N°13 muestra las isotermas obtenidas mediante la aplicación de los modelos de BET, GAB las que presentan morfología sigmoidea, y pueden clasificarse como pertenecientes al tipo II de la clasificación de (Brunauer et al, 1940), a está temperatura parece que los modelos matemáticos practicados se reflejan mejor a los valores experimentales.

Gráfico N° 14. Curvas de Logaritmo de la constante K vs inverso de la temperatura (1/T) utilizando la ecuación de Arrhenius.



En el gráfico N° 14 presenta los datos obtenidos del K_{GAB} a las temperaturas del experimento, mostrando en sus ejes el Logaritmo de la constante de la velocidad Vs el inverso de la temperatura en °K, donde el valor del pendiente multiplicado por la constante de los gases ideales nos dará el valor de la energía de activación correspondiente a esta constante que está asociada con el calor de sorción de la multicapa.

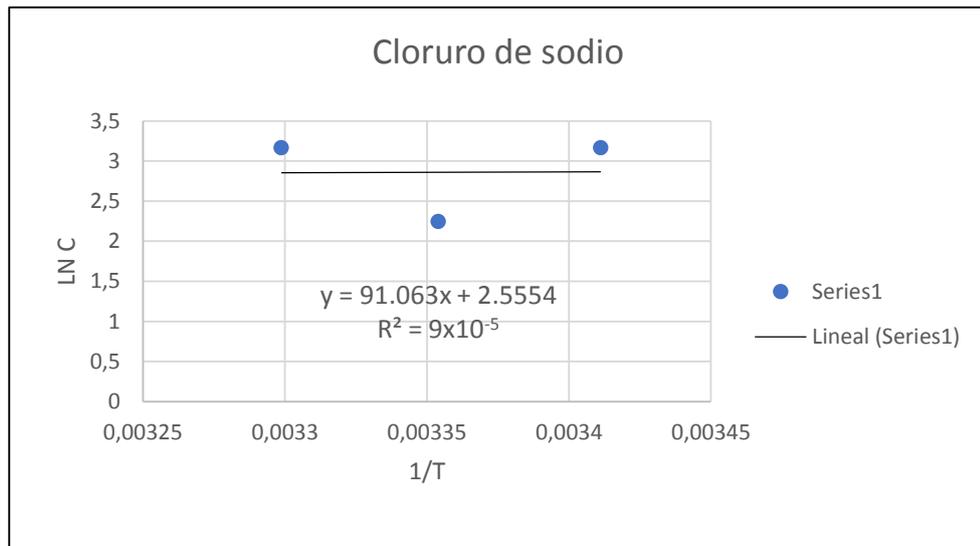
Gráfico N° 15. Curvas de Logaritmo de Xm del producto vs inverso de la temperatura (1/T) utilizando la ecuación de Arrhenius.



En el gráfico N°15, presenta los datos obtenidos del Xm_{GAB} a las temperaturas del experimento, mostrando en sus ejes el Logaritmo de la constante de la velocidad Vs el inverso de la temperatura en °K, donde el valor del pendiente

multiplicado por la constante de los gases ideales nos dará el valor de la energía de activación necesaria para lograr un cambio en la humedad del producto correspondiente a una capa monomolecular de agua absorbida.

Gráfico N° 16. Curvas de Logaritmo de C del producto vs inverso de la temperatura (1/T) utilizando la ecuación de Arrhenius.



En el gráfico N°16, presenta los datos obtenidos del C_{GAB} a las temperaturas del experimento, mostrando en sus ejes el Logaritmo de la constante de la velocidad Vs el inverso de la temperatura en °K, donde el valor de la pendiente multiplicado por la constante de los gases ideales nos dará el valor de la energía de activación necesaria para lograr un cambio en la adsorción en la monocapa.

Tabla N° 15: Datos experimentales de polvo atomizado de la pulpa de *Mauritia flexuosa* (aguaje) por el modelo matemático de Arrhenius

T°C	1/T°K	K	LN K
20	0.00341297	0.0207	-3.87762158
25	0.0033557	0.0297	-3.51660823
30	0.00330033	0.0421	-3.16770754

En la tabla N° 15, se evaluó la influencia de la temperatura sobre la constante de velocidad de reacción utilizando la ecuación de Arrhenius, según Vidaurre R., (2013) esta ecuación trata de un modelo lineal que expresa el efecto de la temperatura sobre la constante de velocidad (k) de diferentes reacciones en muchos sistemas alimentarios y se muestran las constantes de velocidad o también llamadas velocidad de reacción de formación de peróxidos en el polvo atomizado de aguaje, donde a mayor temperatura se logran mayores valores de constante de velocidad.

$$K = K_0 \exp \left(-\frac{Ea}{RT} \right) \dots \dots (D)$$

Donde:

K = constante de velocidad de la reacción.

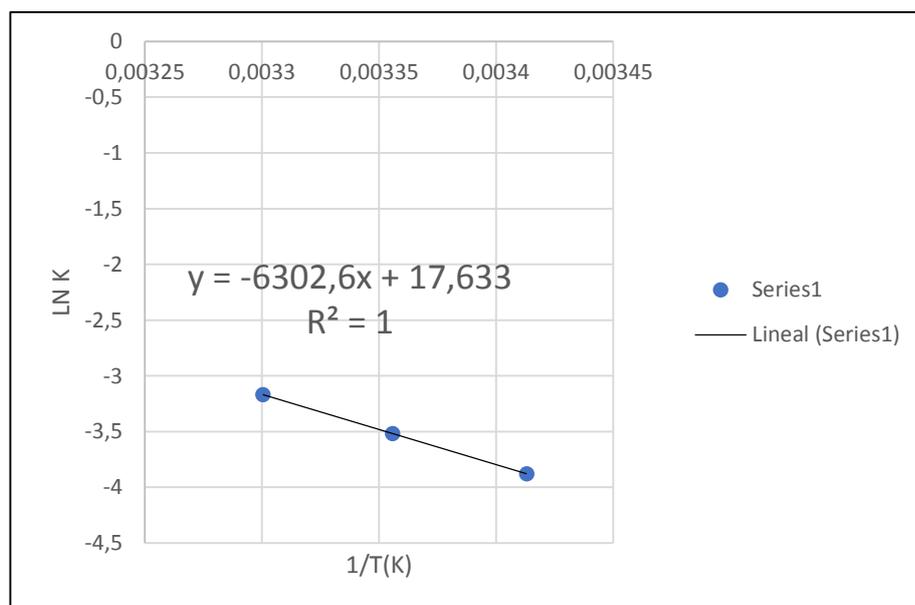
Ko = constante de la ecuación de Arrhenius.

Ea = energía de activación que se necesita para vencer la degradación de Productos.

R = constante de los gases (1,987 cal/K mol).

T = temperatura absoluta en Kelvin (K).

Gráfico N° 17. Regresión lineal por el modelo de ARRHENIUS



Obteniendo como resultado final la E_a (Energía de activación)

$$E_a = 52.374606 \text{ KJ/mol}$$

$$E_a = 12.509 \text{ kcal/mol}$$

Se obtuvo una energía de activación de 12.509 kcal/mol para la formación de peróxido del extracto lipídico de la pulpa de *Mauritia flexuosa* (aguaje) durante la temperatura y meses mencionado en el cuadro N° 16; empleando el índice de peróxido como indicador y se encuentra dentro del rango reportado por Torres et al. (2001); Saguy y Karel (1980) quienes indican que la energía de activación para reacciones de oxidación de lípidos se encuentra en el ámbito o rango de 10 kcal/mol a 25 kcal/mol

4.5. Cálculo del tiempo de vida útil

Tabla N° 16: Índice de peróxido

MESES (T)	20°C	25 °C	30 °C
1	1.0257	1.0184	1.0236
2	1.0934	1.1233	1.6528
3	1.1412	1.1842	2.8246

Tabla N° 17: Proyecciones de “k” para diferentes T °C

K	
Ln K	10 °C
-4.63767138	32.029233
Ln K	20 °C
-3.8775802	0.02070091
Ln K	25 °C
-3.51666443	0.0296984
Ln K	30 °C
-3.16766007	0.04210209
Ln K	40 °C
-2.50310224	0.08183088
Ln K	60 °C
-1.29372673	0.27424707

Tabla N° 18: Proyecciones para el Cálculo del tiempo de vida útil

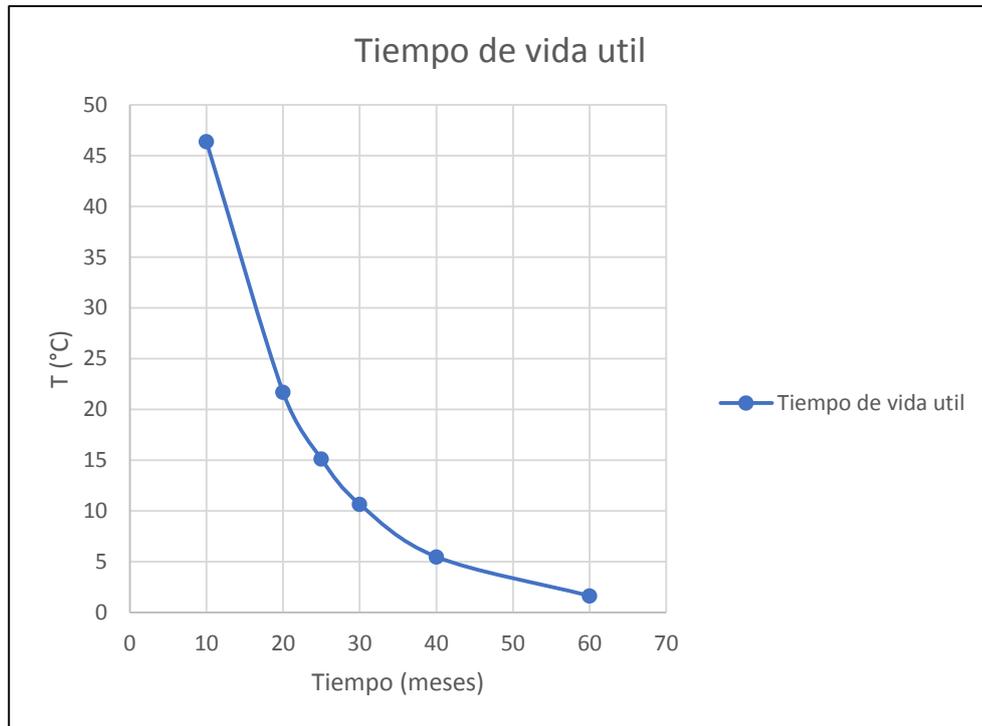
Temperatura (°C)	Días	Semanas	Meses
10	1391.31383	185.508511	46.3771277
20	650.611779	86.7482372	21.6870593
25	453.501051	60.4668068	15.1167017
30	319.895205	42.652694	10.6631735
40	164.586468	21.9448624	5.48621561
60	49.1099361	6.54799148	1.63699787

En la tabla N° 18, los resultados indican el tiempo de vida útil haciendo referencia al cuadro N° 17 para las proyecciones entre las velocidades de reacción “k” de formación de peróxidos de la pulpa de *Mauritia flexuosa* (aguaje) para diferentes T°C respectivamente.

Según la N.T.P el valor indicado como máximo permitido para el índice de peróxido en un alimento es de 10 meq/kg, indica el grado de acidez del mismo y con ello su deterioro.

Considerando este valor de Índice de Peróxido y con la ecuación de Arrhenius se pudo proyectar el tiempo de vida útil (TVU) para el aguaje atomizado.

Gráfico N° 18. Curva del tiempo (meses) almacenado a diferentes temperaturas.



En el grafico N°18 nos muestra el tiempo de vida útil del polvo atomizado a diferentes temperaturas, nos indica que a menor temperatura el tiempo de vida útil del producto aumenta, esto se debe a la reacción de los peróxidos frente a la temperatura baja que minimiza la reacción de oxidación.

Tabla N° 19: Análisis de Varianza del efecto de las variables sobre el contenido de provitamina A.

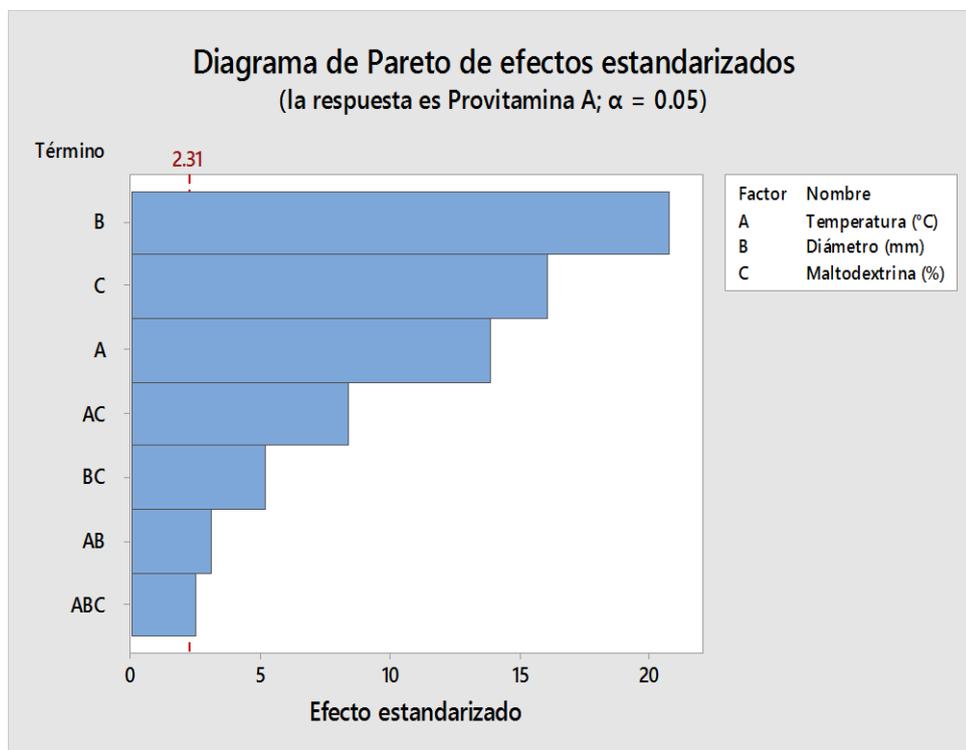
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
Modelo	7	7028.44	1004.06	142.17	0
Lineal	3	6230.69	2076.9	294.07	0
Temperatura (°C)	1	1350.56	1350.56	191.23	0
Diámetro (mm)	1	3052.56	3052.56	432.22	0
Maltodextrina (%)	1	1827.56	1827.56	258.77	0
Interacciones de 2 términos	3	752.19	250.73	35.5	0
Temperatura (°C)*Diámetro (mm)	1	68.06	68.06	9.64	0.015
Temperatura (°C)*Maltodextrina (%)	1	495.06	495.06	70.1	0
Diámetro (mm)*Maltodextrina (%)	1	189.06	189.06	26.77	0.001
Interacciones de 3 términos	1	45.56	45.56	6.45	0.035
Temperatura (°C)*Diámetro (mm)*Maltodextrina (%)	1	45.56	45.56	6.45	0.035
Error	8	56.5	7.06		
Total	15	7084.94			

La función de respuesta que representa la relación entre el contenido de provitamina A y las variables independientes del secado por aspersion, X1 (Temperatura °C), X2 (Diámetro de orificio mm) y X3 (Concentración de Maltodextrina %), está determinada por la ecuación:

Ecuación de regresión en unidades no codificadas

$$\text{Provitamina A} = -3183 + 18.50 X_1 + 676 X_2 + 511 X_3 - 3.40 X_1 * X_2 - 2.575 X_1 * X_3 - 91.2 X_2 * X_3 + 0.450 X_1 * X_2 * X_3$$

Gráfico N° 19. Grafica de la interacción de los factores durante el proceso



De acuerdo al gráfico N°19, se extienden más allá de la línea de referencia (2.31) son significativos Temperatura (A), Diámetro (B), Maltodextrina (C) y las interacciones de dos factores: Temperatura-Diámetro (AB), Temperatura-Maltodextrina (AC), Diámetro-Maltodextrina (BC) son significativos y la interacción de tres factores: Temperatura-Diámetro-Maltodextrina (ABC) son importantes con un nivel de confiabilidad del 95%

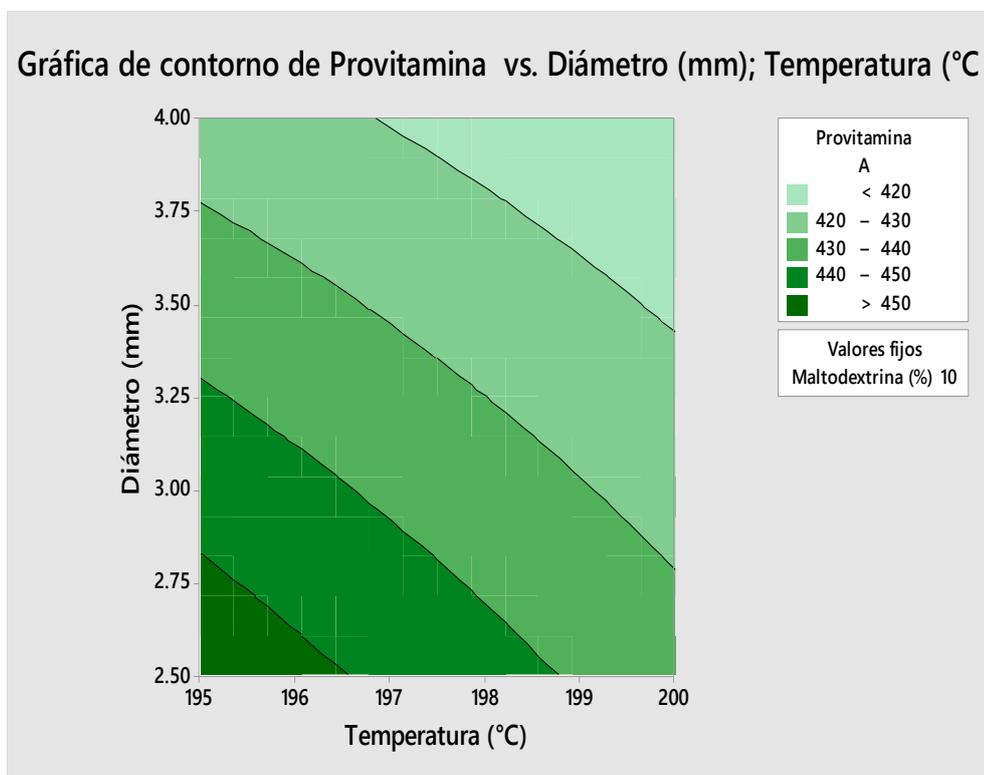
Los efectos principales temperatura (°C), diámetro de orificio (mm) y concentración de Maltodextrina (%) miden como afecta cada factor en la concentración final de la provitamina A.

El factor que influye más en forma individual para este proceso es el diámetro de orificio (mm) que presenta un valor de 676, en segundo lugar, muestra su efecto la concentración de Maltodextrina (%) finalmente la temperatura (°C) es el que tiene mejor influencia 18.50 indicando que el rendimiento de

provitamina A aumenta conforme incrementamos el encapsulante de 8% a 12%.

De la interacción de los factores que tienen más presencia en el proceso son: temperatura (°C) con diámetro de orificio (mm), Temperatura(°C) con concentración de maltodextrina (%), diámetro de orificio (mm) con concentración de maltodextrina (%) y finalmente la acción de los tres factores: temperatura (°C), diámetro de orificio (mm), concentración de maltodextrina (%), son los que menos afectan en el proceso.

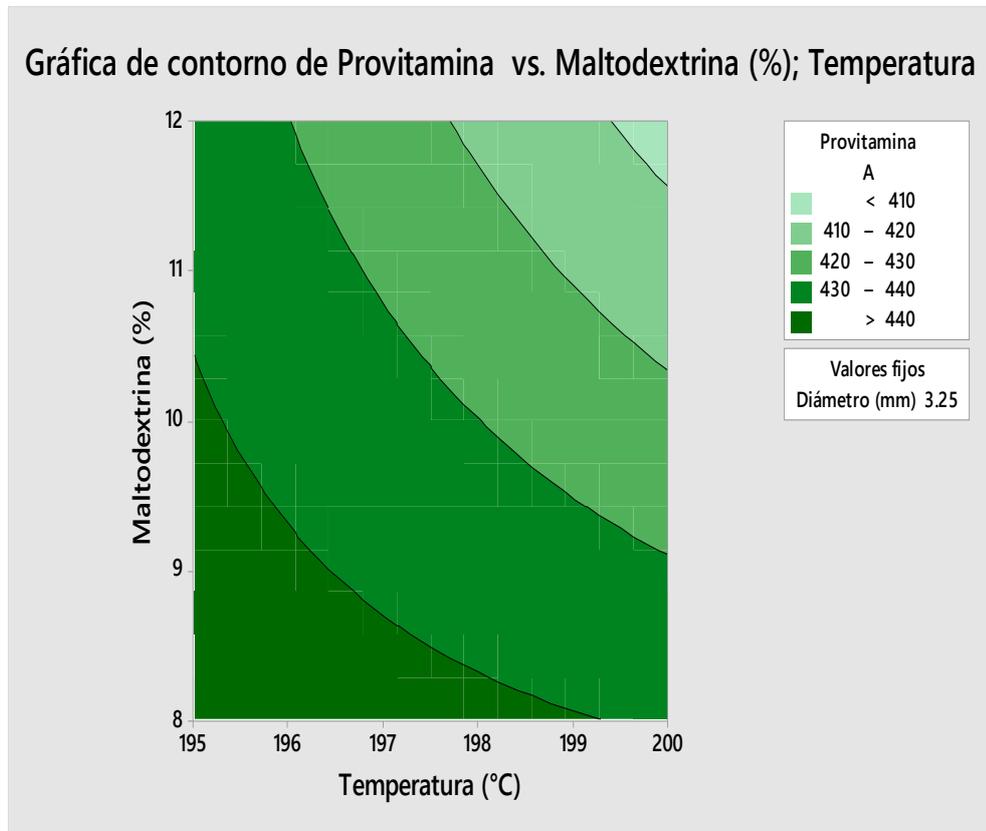
Gráfico N° 20. Selección de Temperatura (°C) vs Diámetro (mm)



De acuerdo al gráfico N° 20, a medida que el color se oscurece el valor de la Provitamina A aumenta de 420mg a 450mg/100g

Este efecto se ve reflejado en los rangos de 195.0 °C a 196.5 °C, considerando los diámetros 2.50mm a 2.80mm.

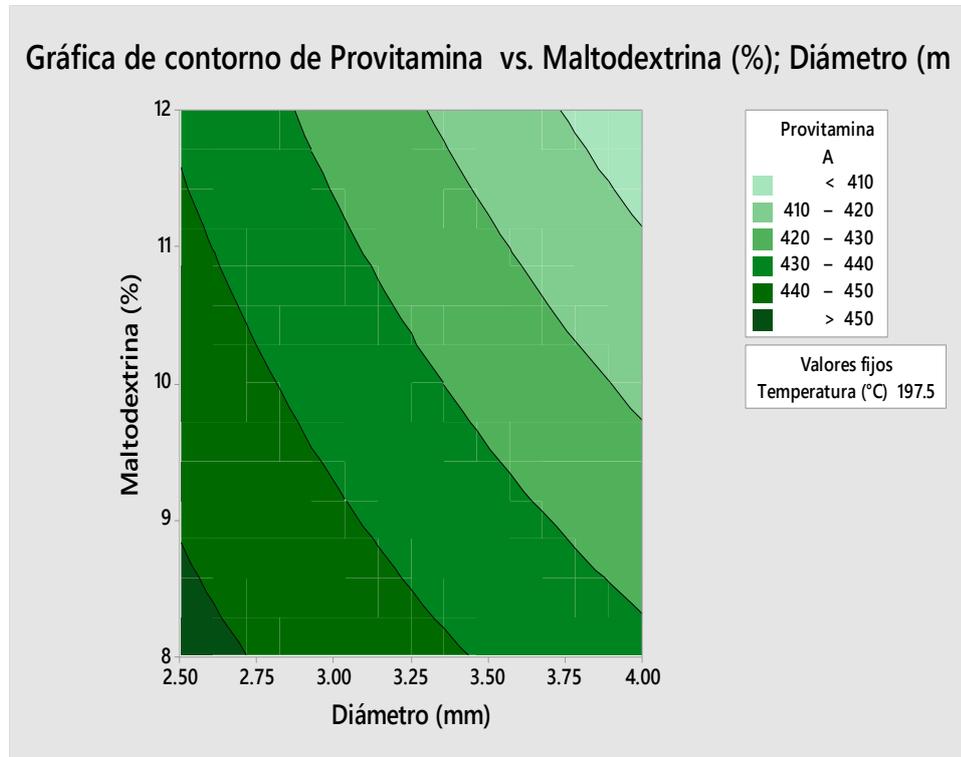
Gráfico N° 21. Selección de Temperatura (°C) vs Maltodextrina (%)



De acuerdo al gráfico N° 21, si aumentamos el porcentaje de maltodextrina superior al 10.5% y elevamos la temperatura hasta 200 °C, el valor de la provitamina A disminuye sustancialmente hasta valores cercanos a 420 mg/100g. En el proceso.

Los efectos principales de la temperatura (°C) y concentración de Maltodextrina (%) miden como afecta cada factor en la concentración final de la provitamina A.

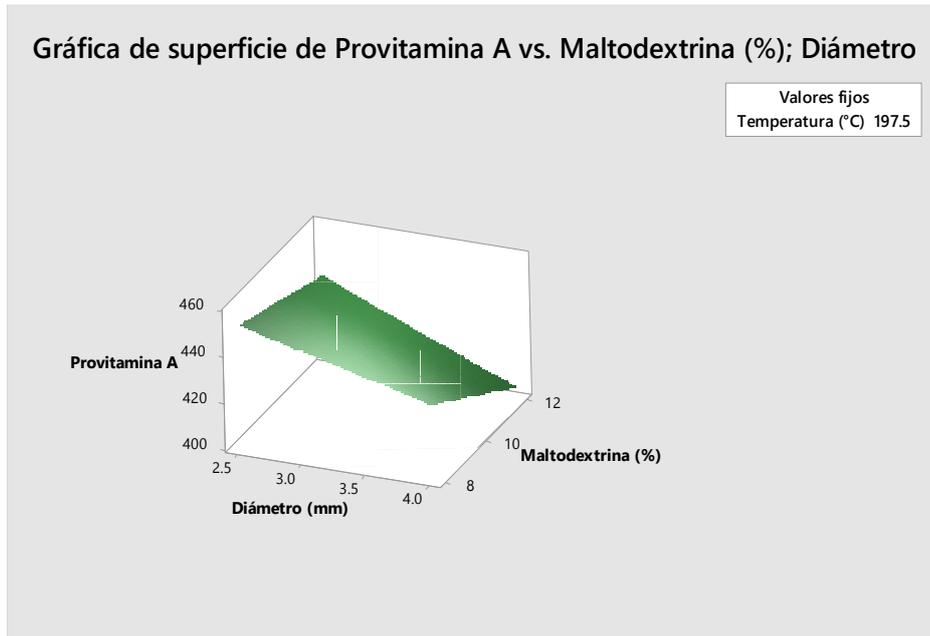
Gráfico N° 22. Selección de Diámetro (mm) vs Maltodextrina (%)



De acuerdo al gráfico N° 22, si mantenemos un menor diámetro de orificio de salida del líquido hacia la cámara de atomizado y un porcentaje del 8% de maltodextrina a la temperatura de promedio de 197.5 °C el valor de la provitamina A aumentara hasta su valor máximo, si modificamos los valores de los ejes el valor de la provitamina A decaerá.

Los efectos principales del diámetro de orificio (mm) y concentración de Maltodextrina (%) miden como afecta cada factor en la concentración final de la provitamina A.

Gráfico N° 23. Grafica de Superficie



El gráfico N° 23, nos presenta una superficie de respuesta, donde presenta en forma tridimensional la interacción de los tres factores intervinientes en el proceso de atomización de la pulpa de *Mauritia flexuosa* (aguaje) donde nos indica que a un menor diámetro de orificio (mm) y una concentración intermedia de maltodextrina (%) el valor de la provitamina A será mayor.

También observamos que un diámetro de orificio de 2.5 mm y concentración de maltodextrina de 8% se obtiene la mayor concentración de provitamina A que es de 456 mg/100 g (según el cuadro 4) de producto seco, mientras que si aumentamos la concentración de maltodextrina (12%) seguido de su diámetro de orificio (4mm) el valor de la provitamina A disminuye hasta 390 mg/100 g (según el cuadro 4) de producto seco.

Tabla N° 20: Balance de materia de la pulpa de *Mauritia flexuosa* (aguaje).

SELECCIÓN/CLASIFICACION			
A:	Materia prima que ingresa	100	Kg
B:	Perdidas en operación (2%)	2	Kg
C:	Materia a usar	98	Kg
LAVADO			
C:	Materia a usar	98.00	Kg
D:	Agua de lavado (1/1)	98.00	Kg
F:	Impurezas (2%)	1.96	Kg
E:	materia lavada	96.04	Kg
PULPEADO			
E:	Materia lavada	96.04	Kg
G:	Semilla, cascara (88%)	83.55	Kg
H:	Pulpa final (12%)	12.49	Kg
HOMOGENIZADO			
H:	Pulpa final	14.41	Kg
I:	agua (1:2)	28.81	Kg
	Encapsulante Maltodextrina (8 %)	1.15	Kg
	Total I:	29.96	Kg
J:	Jugo estabilizado	44.37	Kg
ATOMIZACIÓN			
J:	Jugo estabilizado	44.37	Kg
K:	Agua eliminada (90% del jugo estabilizado)	39.97	Kg
L:	Producto seco (con 4 % de humedad final)	4.40	Kg
RENDIMIENTO DE INSUMOS			
M :	Pulpa final (10%)	1.44	Kg
N :	Maltodextrina (68%)	0.78	Kg
R :	Total producto seco	2.22	Kg

La tabla N° 20, nos muestra el balance de materia de la pulpa de *Mauritia flexuosa* (aguaje) con maltodextrina al 8% nos muestra el balance de materia realizado para una prueba de atomización con 8% de maltodextrina como encapsulante.

Para todos los ensayos realizados se empleó 100 kg de materia prima en estado natural, para luego seguir con las diferentes etapas de acondicionamiento para su conversión en polvo.

Una de las etapas más importantes es la refinación (malla N° 0.05) de la pulpa de *Mauritia flexuosa* (aguaje) y luego diluirla hasta llegar a una densidad muy cercana a la del agua (referencia ideal para atomizar) puesto en esa condición nos garantizara que no exista partículas grandes que puedan obstruir los orificios de salida del aspersor.

El equipo secador spray tiene una capacidad para atomizar 87 l/h (en las condiciones de la investigación) lo que significa que los 44.37 litros del jugo estabilizado y para su respectiva conversión en polvo se tendrá un tiempo aproximado de 30 minutos obteniéndose finalmente 4.40 kg de polvo atomizado.

Tabla N° 21: Balance energético

	195 °C	200 °C
	Maltodextrina	Maltodextrina
	8%	8%
Flujo de aire seco (Kg s.s/h)	2426.331	2341.971
Humedad absoluta del aire descargado (kg H2O/kg s.s)	0.051	0.056
Flujo de aire alimentado al secador (kg/h)	2472.432	2379.442
Flujo de aire descargado (kg/h)	2550.462	2473.078
Porcentaje de humedad del aire descargado (%)	8	8.50
Flujo mínimo de aire, Gs mínimo (kg/h)	1534.591	3481.856
Eficiencia térmica (%)	53.33	58.824

Cálculos del balance energético para las diferentes temperaturas

En la tabla N° 21, nos muestra los valores de la transferencia de masa para los experimentos realizados en el presente trabajo de investigación, los valores más altos son los que se encuentran relacionados con la temperatura. El mayor valor de flujo de aire seco (kgs.s /h) es de 2426.331 correspondiente a una temperatura de 195 °C. y el valor de 2379.442 kg /h de alimentación de aire al secador para una temperatura de 200 °C se puede explicar cómo se conoce la viscosidad del aire disminuye con la temperatura siendo necesario aumentar su flujo para llevar a cabo un correcto proceso de atomización esto origina una mayor cantidad de arrastre de vapor de agua disminuyendo el tiempo de residencia de la partícula dentro del equipo. La humedad relativa está directamente relacionada con la temperatura de operación, esto significa que a mayor temperatura menor humedad relativa se tendrá dentro del equipo.

La eficiencia térmica del equipo es similar para ambas temperaturas lo que significa que también está relacionada con la temperatura de operación, como ambas temperaturas son cercanas su valor también es cercano.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

En el análisis fisicoquímico de la pulpa *Mauritia flexuosa* (aguaje) atomizada se puede notar claramente que la Provitamina A (β -Caroteno) es mayor a una temperatura de 200 °C, diámetro de orificio de 2.5 mm y una concentración de maltodextrina de 12 % obteniendo un valor de 459 mg/100g de pulpa, y disminuye un poco al cambiar los valores de los factores con temperatura de 195 °C, diámetro de orificio de 2.5 mm y una concentración de maltodextrina de 8 % obteniendo un valor de 456 mg/100g de pulpa, similar valor reporto Portocarrero F (2018) al atomizar aguaje combinando diferentes temperaturas, diámetros de orificio y porcentaje de encapsulante obteniendo 460 mg/100g de pulpa, asimismo indica que a concentraciones superiores al 8% de encapsulante se evita que la solución se pegue en las paredes del atomizador producto de la alta concentración componentes oleicos.

El diámetro de 2.5 mm presentó también buen rendimiento durante el proceso ya que evito pegamientos en las paredes, por su parte Maldonado (2005) que trabajó con jugo de Lúcumá con diámetro de orificio de 0.5 y 5 % de CMC reporto apelmazamiento en las paredes, esto se debería a la poca concentración de encapsulante ocasionando que el encapsulante no proteja toda la solución.

En las humedades de equilibrio encontramos valores crecientes conforme se incrementaba la temperatura de 20 °C a 30 °C indicando que las soluciones salinas cloruro de sodio, cloruro de potasio, nitrato de magnesio, generan un comportamiento de absorción en el polvo atomizado de *Mauritia flexuosa* (aguaje) con actividades de agua (a_w) mayores a 0.6, coincidiendo con Ovalle J (2015) quien reporto un comportamiento similar en la harina de pijuayo a temperaturas comprendidas entre 20 °C a 40 °C, Soleimani et al.(2006) encontró comportamiento aleatorio para humedades de agua (x_e) en maíz híbrido en temperaturas comprendidas entre 25 °C y 35 °C.

En los parámetros de ajuste calculados en los cuadros N°11, N°12 y N°13, muestran que el modelo de G.A.B presenta un mejor ajuste sobre los datos

experimentales los cuales presentan un coeficiente de determinación R^2 superior a 96 %.

Las ecuaciones de G.A.B y B.E.T predicen muy bien el contenido de humedad de la monocapa (X_m) y son consideradas las más útiles para asegurar la estabilidad de la calidad de un alimento deshidratado en almacenamiento. (Vito J, (2019)

Dentro de los parámetros calculados tenemos la capacidad de sorción de la monocapa (X_m) que es el contenido de humedad organizada en una capa monomolecular que cubre toda la superficie del material sorbente, uniéndose a los grupos altamente polares y accesibles de la materia seca del alimento (Fennema, 1993; Ariahu et al., 2006 citado por Martin J, 2015).

En el cuadro N°11, los valores de X_m a una temperatura de 20 °C para G.A.B y B.E.T fueron muy similares para el Cloruro de sodio, cloruro de potasio, nitrato de potasio, y para las otras sales como acetato de magnesio, hidróxido de potasio e ioduro de potasio para el modelo B.E.T fueron de 3.8669, 4.2229 y 3.7893 g agua/100 g m.s y G.A.B presento valores ligeramente superiores como 4.2783, 4.2797 y 5.9040 g agua/100 g m.s, estos valores de B.E.T son cercanos a lo investigado por Erbas *et al.* (2005) quien obtuvo valores de x_m a temperaturas comprendidas entre 20-35 °C, con valores de 5.40 y 4.39 g agua/100 g m.s, los valores de G.A.B son mayores ya que este modelo abarca un espectro mayor del experimento. Considerando nuestros datos generados en la investigación Vito J (2019) indica que a valores superiores él material comienza a elevar su capacidad de adsorber humedad en el equilibrio con la consiguiente pérdida de calidad.

En los valores de C_{GAB} a 25 °C reportados en el cuadro N°12, para las seis sales de trabajo con un promedio comprendido entre 9.4784 y 23.7299 que se acercan a lo reportado por Pulla P, (2011) quien trabajo con ocho sales incluyendo el cloruro de potasio y cloruro de sodio comprendidas dentro de nuestras sales quien reporto en promedio de C_{GAB} 20.4664, cabe indicar que

nuestra investigación realizó un análisis individual de cada sal para el cálculo de C_{GAB} . Asimismo, Ovalle J (2015) reportó valores del C_{GAB} promedio para una temperatura de 30 °C de 55.2175 para la harina de pijuayo, este valor se entiende por el alto contenido almidón presente en la harina.

La energía de activación (E_a) obtenidos experimentalmente por el método de G.A.B. para la monocapa empleando seis sales está comprendido entre 32.0292 (KJ/mol K) y 75.963 (KJ/mol K) para las tres temperaturas (20, 25 y 30 °C) que es superior a lo reportado por Ramírez-Miranda (2014) para harina industrial y tradicional con valores de la monocapa de 13.45 y 17.948 (KJ/mol K) respectivamente, es de indicar que las pruebas las realizó sin ninguna sal que incremente el proceso de adsorción.

Sánchez D (2013) indica que el valor de la energía de activación (E_a) para reacciones de oxidación de lípidos se encuentra en el ámbito 41842 a 104605 J/mol.k, por lo que el resultado de la investigación está dentro de estos parámetros considerando (x_m) como la referencia para el inicio de la pérdida de calidad.

También Alcarraz A (2019) encontró que la energía de activación (E_a) para el aguaymanto deshidratado con metasulfito de sodio presenta un valor comprendido entre 64.43 y 61.19 KJ/mol k reforzando los valores reportados en la presente investigación.

Resultados similares al reportado en este trabajo de investigación Vega et al., (2006) y Choque (2009) citado por Ovalle (2015), concluyeron que los modelos de GAB y Halsey modelaron correctamente los datos experimentales de absorción en la harina de maíz (*Zea mays* L.) y en el maíz morado (*Zea mays* L) diversidad "Canteño" respectivamente. Así también Huamán (2016), concluyo que la autoridad del clima con las medidas del modelo de GAB, se evaluaron a través de la energía de aceleración manejando la igualdad de Arrhenius. Siendo $E_a= 12,0163$ para el parámetro $X_m= 36,6326$ kJ/mol para la constante termodinámica $C_{GAB}= -5,6722$ kJ/mol para k que es la constante que define el potencial químico.

Según se ve en las Figuras N°10, N°11 y N°12, las isothermas obtenidas mediante la aplicación de los modelos de BET, GAB presentan morfología sigmoidea, y pueden clasificarse como pertenecientes al tipo II de la clasificación de Brunauer et al, (1940) citado Martin J (2015). Las isothermas están referidas dentro de los valores de actividad de agua (a_w) 0.2 hasta 0.8.

Este mismo comportamiento de curvas sigmoideas durante el proceso de sorción en alimentos con alto grado de almidón observo (McMinn et al, 2007), en nuestra investigación lo que elevo la carga de carbohidratos fue la inclusión del encapsulante maltodextrina (almidón modificado) para llevar a cabo el proceso de atomización. Murrieta-Pazos et al (2014) manifestaron que estas características también lo presentan algunos materiales sólidos no porosos finamente divididos, o materiales macroporosos.

Rodríguez M (2010) determinó que las isothermas obtenidas a 3 y 30 °C son del tipo II, indicando que el efecto de la temperatura y el proceso de deshidratación influye en el contenido de actividad de agua (a_w) determinando el tipo de isoterma, puesto que algunos procesos que incluyen equipos de contacto alteran los componentes de almidones y azúcares presentes dificultando su adsorción.

Ramírez-Miranda (2014) también reporto que las isothermas generadas por la harina de maíz nixtamalizada presenta unas curvas sigmoideas del tipo II, esto se podría deber a las temperaturas que empleó que fueron de 24, 30 y 35 °C con valores de actividad de agua (a_w) comprendidos entre 0.2 y 0.85, similares a la del presente estudio y por la constitución física del producto que tiene muchos almidones

Sin embargo no todas las isothermas son del tipo II, según Ovalle (2015) las isothermas generadas por la harina de pijuayo presentan ser del tipo III, este efecto se debe a que la materia prima es rica en componentes oleicos y fue procesada naturalmente sin participación de otro elemento, siendo las

temperaturas de rehidratación de 20, 30 y 40 °C, generando que su actividad de agua (a_w) tenga un amplio rango comprendido entre 0.10 y 0.90.

Evaluamos la influencia de la temperatura y el tiempo de almacenamiento en base al índice de peróxidos como indicador de degradación del producto los cuales son presentados en el cuadro N°14, se realizó la proyección de vida útil a diferentes temperaturas, y considerando 30 °C como promedio local del clima y manteniéndolo en una zona fresca y alejado de la claridad tendría un tiempo de vida útil de 10 meses, ya que el polvo atomizado de aguaje al tener un contenido de humedad inicial comprendido entre el 3 y 5 % y envasadas en bolsas de polietileno de alta densidad es difícil que suban los índices de peróxido. Por su parte Coronel J (2016) evaluó el tiempo de vida útil de barquillos tipo oblea considerando el índice de peróxido concluyendo en un tiempo de vida útil proyectada de 4.5 meses a 15 °C y a 55 °C 16 días, este menor tiempo de vida se debe a la constitución física del barquillo (harina, azúcar, colorantes) presentes que se enrancian rápidamente. Similar resultado obtuvo Ancco T (2008) al evaluar el tiempo de vida de galletas enriquecidas con cañihua que a 15 °C tendría un tiempo de vida útil de 3.5 meses nuevamente la composición nutricional es determinante en el tiempo de vida útil.

CAPÍTULO VI: PROPUESTA

Diversos estudios han sido necesarios para entender los beneficios de los productos deshidratados como son transporte, almacenaje, tiempo de vida útil indispensables para proveer de materias primas en épocas de escasez.

Pensando en mantener y proveer a la sociedad de bienes duraderos a mediano y largo plazo es necesario continuar con estudios relacionados con la preservación de productos deshidratados sin importar el método a aplicar, con la finalidad de estudiar los parámetros que gobiernan y hacen posible su duración a través del tiempo, indicador que se manifiesta en su calidad.

Por lo tanto, se plantea realizar estudios concernientes a la proyección de vida útil de productos atomizados con materias primas de la región haciendo uso de los modelos matemáticos existentes como método para proyectar en el tiempo los indicadores de calidad, apoyándose en análisis como el índice de peróxido, análisis fisicoquímicos, humedad y los que sean necesarios para lograr el cometido.

CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES

Los efectos individuales de las variables más significativas son Diámetro(B), Maltodextrina(C) y Temperatura(A), siendo el de mayor efecto el diámetro de orificio(mm), de las interacciones de dos componentes: Temperatura-Maltodextrina (AC) es el que predomina en esta interacción, Diámetro-Maltodextrina (BC) y Temperatura-Diámetro (AB), son significativo pero en menor grado no dejando de participar en el proceso y por último la interacción de tres componentes: Temperatura-Diámetro-Maltodextrina (ABC) son significativo porque sus valores p son menores que el nivel de significancia(α) de 0.05. En resumen se dice que si aumentamos o disminuimos el diámetro de orificio (mm) obtendremos la variable respuesta β -carotenos con una mayor o menor concentración.

Las isotermas de sorción fueron representadas correctamente con los modelos de G.A.B y B.E.T concluyendo que estas son las ideales para productos vegetales (harinas, frutas, y derivados).

El modelo que mejor representa a las isotermas de sorción es el de G.A.B ya que este abarca una región más amplia de la actividad de agua (a_w) comprendida entre 0.10-0.90, mientras que el modelo de B.E.T su rango de acción es de 0.010 – 0.5, restringiendo su confiabilidad.

La energía de activación (E_a) obtenidos experimentalmente por el método de G.A.B. para la monocapa empleando seis sales está comprendido entre 32.0292 (KJ/mol K) y 75.963 (KJ/mol K) para las tres temperaturas (20, 25 y 30 °C)

Dentro de los parámetros calculados tenemos la capacidad de sorción de la monocapa (X_m) una temperatura de 20 °C para G.A.B y B.E.T fueron muy similares para el Cloruro de Sodio, Cloruro de Potasio, Nitrato de Potasio, y para las otras sales como Acetato de Magnesio, Hidróxido de Potasio e Ioduro de Potasio para el modelo B.E.T fueron de 3.8669, 4.2229 y 3.7893 g agua/100 g m.s y G.A.B presento valores ligeramente superiores como 4.2783, 4.2797 y 5.9040 g agua/100 g m.s,

La mayor concentración de pro vitamina A o β -caroteno se obtuvo a una temperatura de 195 °C, 2.5 mm de diámetro de orificio y 12 % de maltodextrina con un valor de 459 mg/100g pulpa.

Evaluamos la influencia de la temperatura y el tiempo de almacenamiento en base al Índice de Peróxidos como indicador de degradación del producto, considerando 30 °C como promedio local del clima y manteniéndolo en una zona fresca y alejado de la claridad tendría un tiempo de vida útil de 10 meses, ya que el polvo atomizado de aguaje al tener un contenido de humedad inicial comprendido entre el 3 y 5 % y envasadas en bolsas de polietileno de alta densidad es difícil que suban los índices de peróxido.

CAPÍTULO VIII: RECOMENDACIONES

Realizar nuevos ensayos experimentales empleando nuevas soluciones salinas para de esta manera aumentar el rango de experiencias y valores para las diversas constantes de los modelos matemáticos y a su vez emplear otros modelos referidos en la bibliografía.

Investigar con nuevos materiales alimenticios oriundos de nuestra región como tubérculos y frutas para proveer de materiales ricos en nutrientes a la población.

CAPÍTULO IX: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ancco T. Determinación de vida en anaquel de galletas enriquecidas con cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Sp) por pruebas aceleradas de almacenamiento. Universidad Nacional del Altiplano-Puno. Escuela de post grado. Especialidad post cosecha y marketing. Puno-Perú. 2008.
- Ariahu, C.C., Kaze, S.A., Achem, C.D. (2006). Moisture sorption characteristics of tropical fresh water crayfish (*Procambarus clarkii*). *Journal of Food Engineering*, 75:355–363.
- A.O.A.C. Métodos Oficiales de Análisis Alimentos. 40. Mundi Prensa. Madrid-España. 2014.
- Alcarraza A. Coeficiente de difusividad y energía de activación en el secado de aguaymanto (*Physalis peruviana* L) tratado con metasulfito de sodio. Tesis de grado. Universidad Nacional José María Arguedas. Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial. Andahuaylas-Apurímac-Perú. 2019.
- Apaza, V. Modelado matemático de la cinética del secado de mashua (*Tropaeolum tuberosum*). Tesis de grado. Universidad Peruana Unión. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Escuela Profesional de Ingeniería de Alimentos. 2018.
- Brunauer, S., Deming, L.S., Deming, W.E., Troller, E. (1940). On the theory of Van der Waals adsorption of gases. *Journal of the American Chemical Society*, 62: 1723–1732.
- Calzada, B.J. Frutas y hortalizas promisorias de la Amazonía. Tratado de cooperación amazónica. 1980.
- Campbell, C. A.; Koch, K. Sugar/acid composition and development of sweet and tart carambola fruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 114(3): 255-457 1989.
- Castillo M. Diseño de proceso de obtención de trozos secos de carambola. Tesis de grado. Guayaquil. Escuela superior politécnica del litoral. 2007
- Ceballos A M. Estudio comparativo de tres sistemas de secado para la producción de un polvo deshidratado de fruta. Tesis Maestría. Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. 2008.

- Coronel J. Evaluación de las características fisicoquímicas del barquillo tipo oblea enrollada durante su tiempo de vida útil. Tesis de grado. Universidad Nacional de Huancavelica. Escuela profesional de Ingeniería AGROINDUSTRIAL. Huancavelica-Perú. 2016.
- Choque-Quipe D, et al (2018). Evaluación de las isoterms de sorción de granos y harina de kiwicha (*Amaranthus caudatus*). Rev.ion.2018;31 (2):67-81. DOI:10.18273/revion.v31n2-2018005.
- Cuaspud M (2015). Obtención de aceite de aguacate microencapsulado mediante secado por atomización. Tesis. Escuela Politécnica Nacional. Facultad de Ingeniería Química y agroindustria. Quito-Ecuador.
- Erbaş, M., Ertugay, M.F., Certel, M. (2005). Moisture adsorption behaviour of semolina and farina. Journal of Food Engineering, 69: 191–198.
- Fennema O.R. (1993). Química de los Alimentos. 2ª edición. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España.
- González Sánchez H. M., González Palomares S., Rosales Reyes T., Caracterización de compuestos volátiles durante el secado por aspersión de jugo de sandía (*Citrullus lanatus* Thunb.). Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguas calientes. 51, 10-15, 2011.
- Gomez J et al (2016) Agregando valor a las frutas del cerrado brasileño: encapsulación del aceite de pequi a través del secado por atomización. Revista ENGENHARIA NA AGRICULTURA. VICOSA-MG. V.23 N.3. MAIO / JUNHO 2016.
- Gonzales H. Determinación de parámetros para la obtención de polvo de *Myrciaria dubia* (camu camu) en secador spray. Tesis de grado. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Facultad de Industrias Alimentarias. Iquitos-Perú. 2017.
- Huamán B. Isoterms de Adsorción de la harina de castaña (*Bertholletia excelsa* h.b.k) en la región de madre de Dios. Tesis de grado. Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. Facultad de Ingeniería. Escuela Profesional de Ingeniería agroindustrial. Puerto Maldonado-Perú. 2016.

- Inkanatura World Peru Export SAC. (07 de AGOSTO de 2009). Aguaje Amazónico: Rico en Fitoestrógenos, mejora y moldea tu figura...Cápsulas y Aceite Cosmético. Obtenido de INKANALPERU: <http://www.inkanatural.com/es/arti.asp?ref=aguaje-fitoestrogenos>.
- Kure J, Yugcha A; Estudio del proceso de secado del látex de papaya (carica papaya l.) deshidratado por aspersion. Tesis de grado. Guayaquil. Escuela Superior Politécnica del Litoral. 2012.
- Maidana S. Desarrollo de nuevos productos deshidratados a partir de peras (var. Packham's Triumph) de la Norpatagonia argentina. Tesis Doctorado. Universidad Nacional de la Plata. Facultad de Ciencias Exactas. Argentina. 2017.
- Masters, K. Spray drying handbook New York: Longman Scientific and Technical. Quinta edición. 1991.
- Martin, J. Cinética de sorción de humedad en productos de molinería. Obtención acelerada de datos y caracterización matemática. Tesis Doctoral Universidad de Córdoba. Facultad de veterinaria. Departamento de Bromatología y Tecnología de Alimentos. 2015.
- McMinn, W.A.M., McKee, D.J., Magee, T.R.A. (2007). Moisture adsorption behaviour of oatmeal biscuit and oat flakes. *Journal of Food Engineering* 79: 481–493.
- Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). 2017. Revista informativa.
- Miravet, G. Secado por Atomización de Zumo de Granada. Tesis Maestría. Cartagena. Universidad Politécnica de Cartagena. 2009
- Mosquera L H. Influencia de la humedad y de la adición de solutos (maltodextrina o goma arábica) en las propiedades fisicoquímicas de borojó y fresa en polvo. Tesis Doctoral. Valencia. Universidad Politécnica de Valencia. 2010.
- Montgomery, D. Diseño de análisis por experimentos. Segunda Edición. Editorial Limusa S.A.Mexico-D.F. 2004.
- Murrieta-Pazos, I., Galet, L., Patry, S., Gaiani, C., Scher, J. (2014). Evolution of particle structure during water sorption observed on different size fractions of durum wheat semolina. *Powder Technology*, 255: 66–73.
- Nicho B. Estrategias comerciales para la exportación de aguaje (*Mauritia flexuosa*) de la región Loreto a Estados Unidos. Tesis de grado.

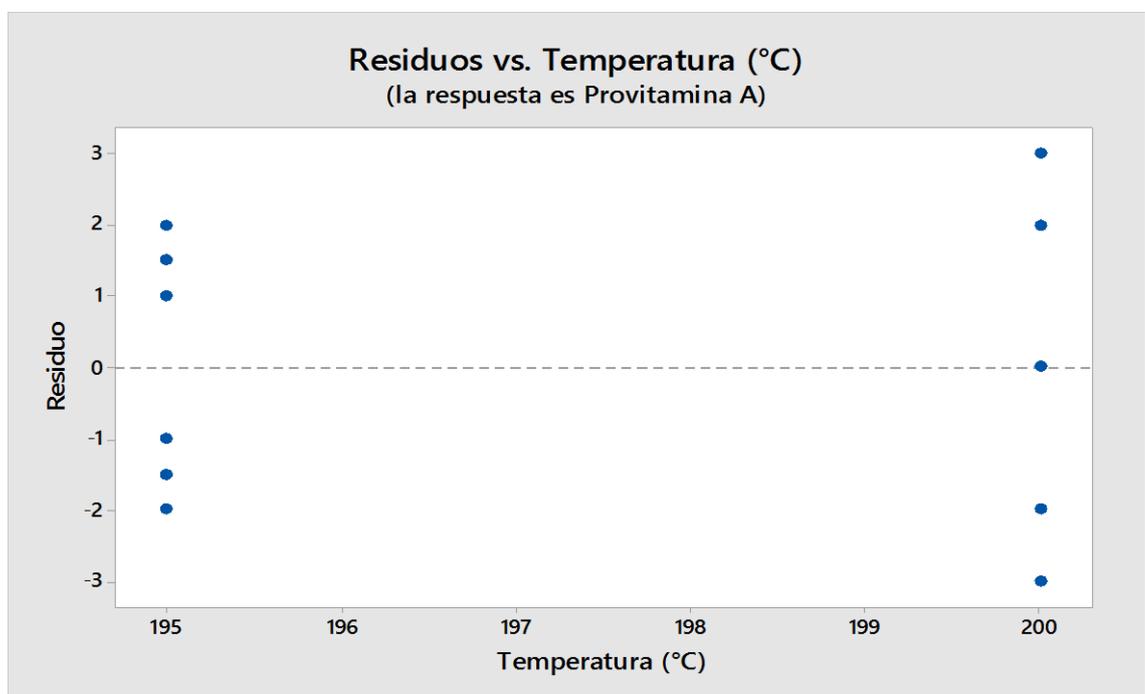
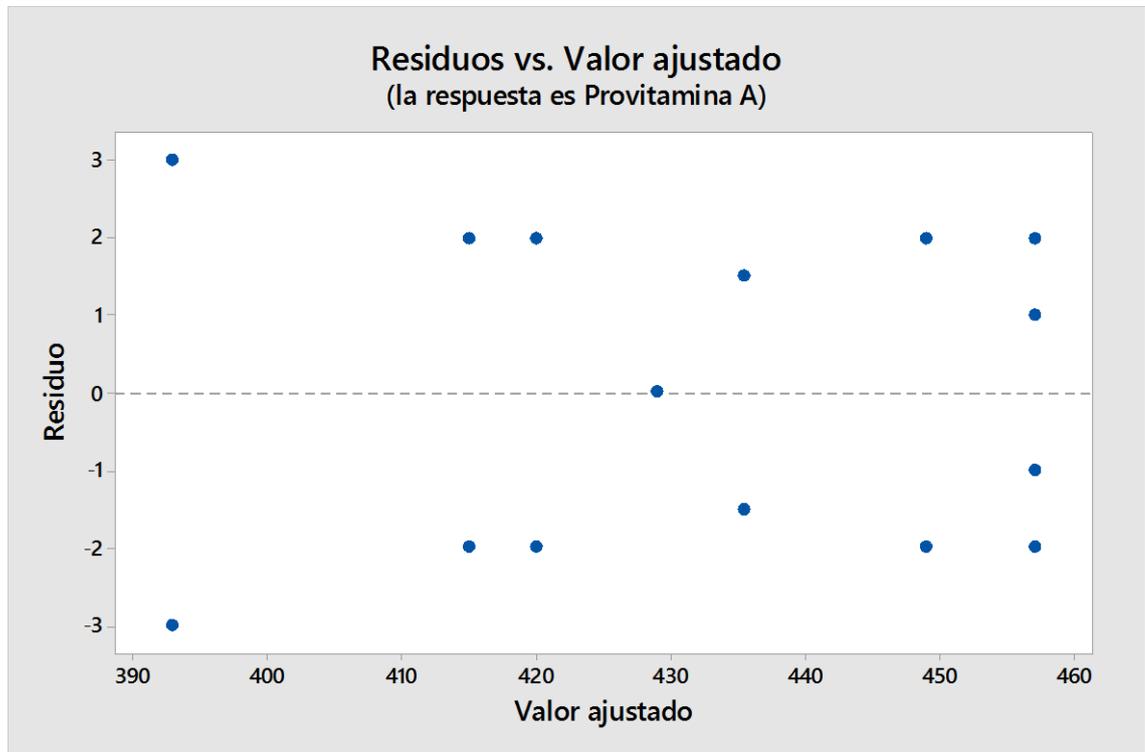
- Universidad Nacional Agraria la Molina. Facultad de Economía y planificación. Lima-Perú. 2018.
- Nuñez C y Chumbiray M. Determinación de vida en anaquel de productos alimenticios procesados mediante pruebas aceleradas (ASLT). Universidad de Lima. Lima-Perú. 1991.
- Ovalle J. Evaluación de las isotermas de adsorción en harina de pijuayo "Bactris gasipaes". Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. Facultad de Ingeniería. Puerto Maldonado-Perú. 2015.
- Pulido N, Díaz C y Váquiro H. (2014). Modelado de las isotermas de sorción y del calor isostérico de sorción en polen apícola. Revista Facultad Nacional de Agronomía. Medellin. 67(2).2014 Supl. 2.
- Pulla P. Determinación de las isotermas de adsorción del ají (*Capsicum annum* L) seco. Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. Facultad de Ingeniería. Puerto Maldonado-Perú. 2011.
- Ramirez-Miranda et al. Determinación de las isotermas de sorción y las propiedades termodinámicas de harina de maíz nixtamalizada. Revista Mexicana de Ingeniería Química. Universidad Autonoma Metropolitana Unidad Iztapalapa. Distrito Federal, Mexico. vol. 13, núm. 1, pp. 165-178. 2014.
- Ramírez N. Determinación de isotermas de sorción en harina de maíz a tres temperaturas y su ajuste a modelos matemáticos. Tesis Maestría. D.F. Instituto Politécnico Nacional. 2012.
- Reyes C. Viabilidad del arazá (*Eugenia stipitata*) como fuente de compuestos beneficiosos para la salud. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de la Plata. Facultad de Ciencias Exactas. Departamento de química. 2020.
- Rodríguez J. Efecto de la temperatura sobre las isotermas de adsorción de kiwicha (*Amaranthus caudatus*) en hojuelas. Tesis. Trujillo. Universidad Nacional de Trujillo. 2015.
- Rodriguez M. Efecto de las fluctuaciones de temperatura ambiente sobre el valor de la actividad de agua de un alimento deshidratado. Tesis de grado. Universidad Nacional del Centro del Perú. Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias. Huancayo-Perú. 2010.

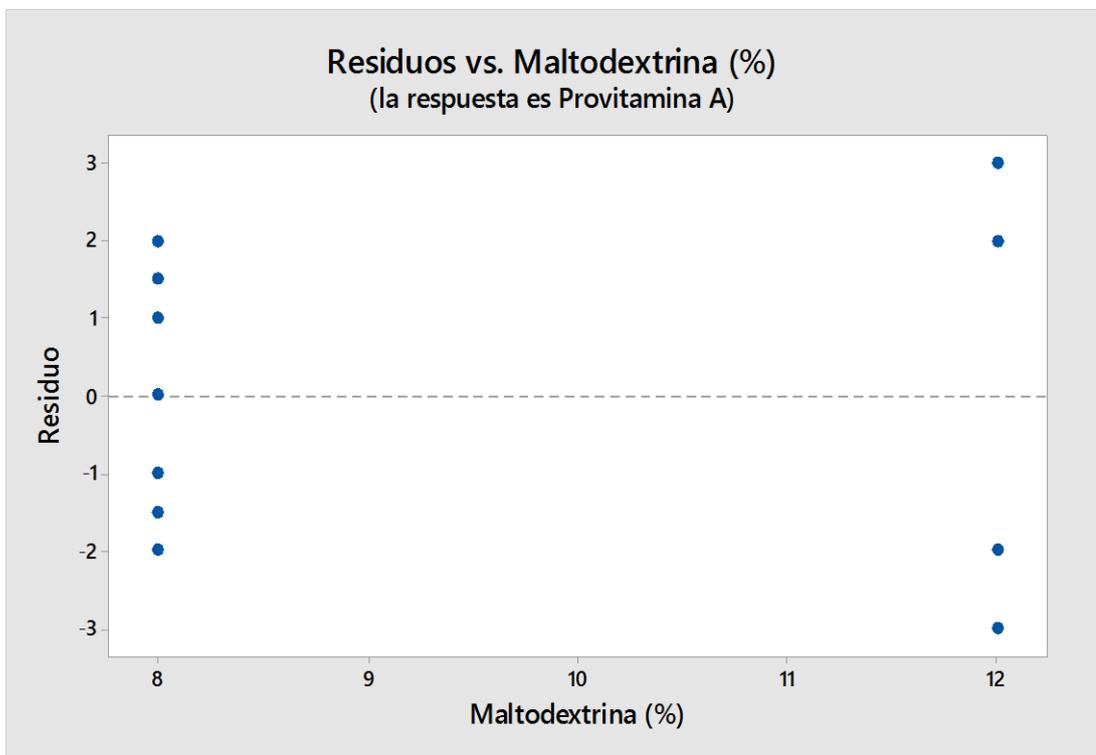
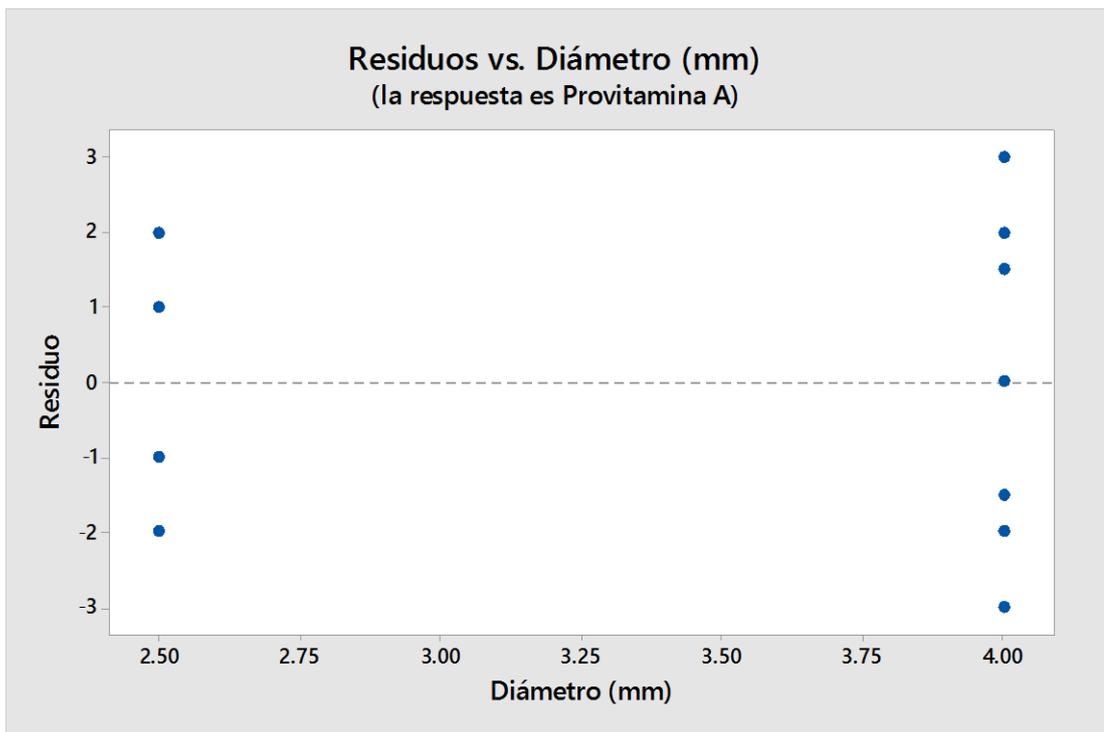
- Sanchez D. Estimación de la vida media del queso mozzarella mediante pruebas aceleradas. Tesis de grado. Universidad Nacional del Centro. Facultad de Industrias Alimentarias. Huancayo-Perú. 2013.
- Soleimani M, Tabil L, Shahedi M, Emani S. Sorption isotherm of hybrid seed corn. The canadian society for engineering in agricultural, food, environmental, and biological systems CSBE. 2006
- Solis C. Modelamiento matemático de la transferencia de sacarosa en la deshidratación osmótica del fruto de la carambola (*Aberrhoa carambola L*). Tesis pregrado. Puerto Maldonado. Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. 2010.
- Urfalino D. Deshidratado de ciruelas d'agen en túneles de configuraciones inversas. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Santiago de Estero. Facultad de Agronomía y Agroindustrias. 2019.
- Valgas, L. Influencia de las variables de procesamiento sobre las propiedades eléctricas de varistores de SnO₂ atomizados vía "spray dryer". Tesis de Doctorado. Curitiba. Universidad Federal de Paraná. 2007.
- Vallejo P. Microencapsulación del micronutriente hierro mediante secado por atomización para su uso en alimento fortificado. Tesis de grado. Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ingeniería Química. Quito-Ecuador. 2019.
- Vito J. Determinación de la vida útil mediante pruebas aceleradas (ASLF) de un producto extruido enriquecido con concentrado protéico de pota (*Dosidicus gigas*). Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Pesquería. Lima-Perú. 2019.

ANEXOS

Anexo N° 1. Estadística complementaria

Gráficos generados del análisis estadístico





Anexo N° 2: Instrumento(s) de recolección de datos

ECUACIÓN DEL MODELO DE B.E.T

$$x_e = \frac{x_m C_{BET} a_w}{(1 - a_w)(1 + a_w (C_{BET} - 1))}$$

Donde

X_e = Humedad de equilibrio (g agua/g m.s)

X_m = Humedad de la monocapa (g agua/g m.s)

a_w = Actividad de agua

C_{BET} = Constante de BET relacionada al calor de sorción.

ECUACIÓN MODIFICADA PARA EL CÁLCULO DE (X_e) DEL MODELO DE B.E.T

$$X_e = \frac{101.56 * a_w}{(1 - a_w) * (1 + 22.73 * a_w)}$$

$$a_w = \frac{(21.73X_e - 101.56) + \sqrt{(101.56 - 21.73X_e)^2 + 90.92X_e^2}}{41.46X_e}$$

ECUACIÓN DEL MODELO DE G.A.B

$$x_e = \frac{x_m C_{GAB} K_{GAB} a_w}{(1 - K_{GAB} a_w)(1 - (1 - C_{GAB}) K_{GAB} a_w)}$$

Donde:

X_m = Humedad de la monocapa (g agua/g m.s)

C_{GAB} = Constante de Guggenheim, característica del producto y relacionada con el calor de adsorción de la monocapa.

K_{GAB} = Es un factor de corrección relacionado con el calor de sorción.

$$K = \frac{(\beta^2 - 4\alpha\gamma)^{0.5} - \beta}{2\gamma}$$

$$C = \frac{\beta}{\gamma K + 2}$$

$$X_m = \frac{1}{\gamma K C}$$

ANEXO 3 PESOS

PESOS REGISTRADOS A 20 °C DE LAS DISTINTAS SALES

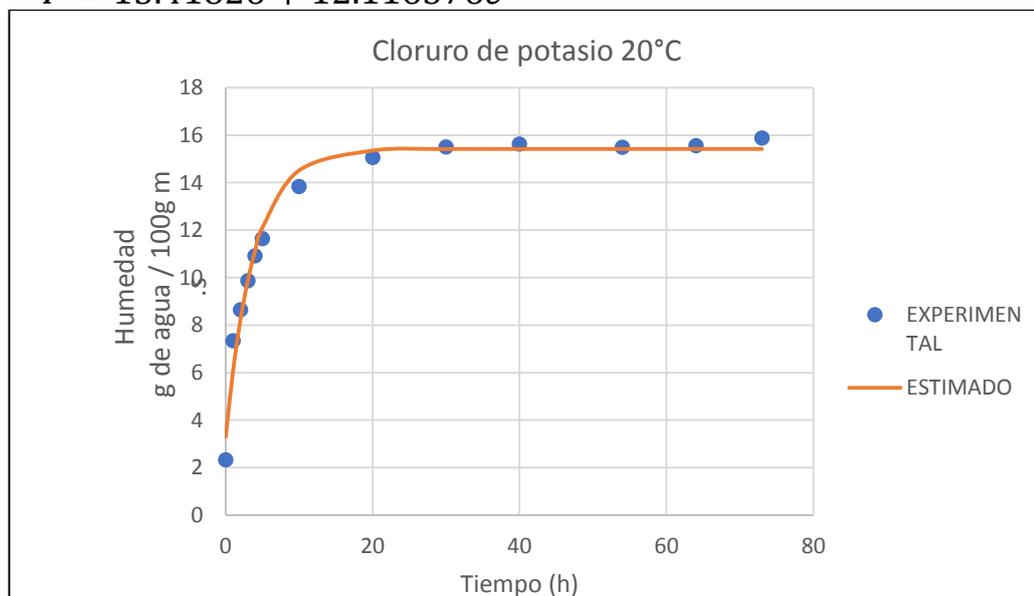
Pesos para Cloruro de potasio

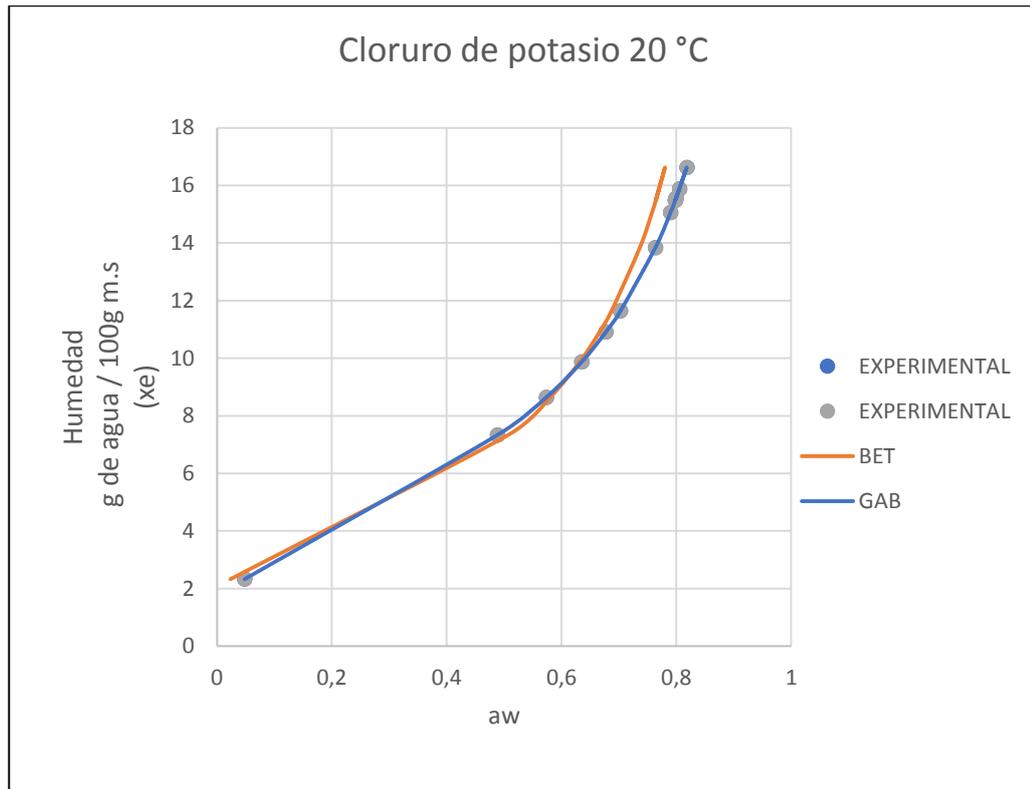
TIEMPO (h)	Humedad (g)
0	2.33
1	7.332
2	8.642
3	9.87
4	10.908
5	11.64
10	13.836
20	15.054
30	15.494
40	15.622
54	15.48
64	15.558
73	15.876

CONSTANTES

A	15.4182599
B	12.1163757
C	0.25973486

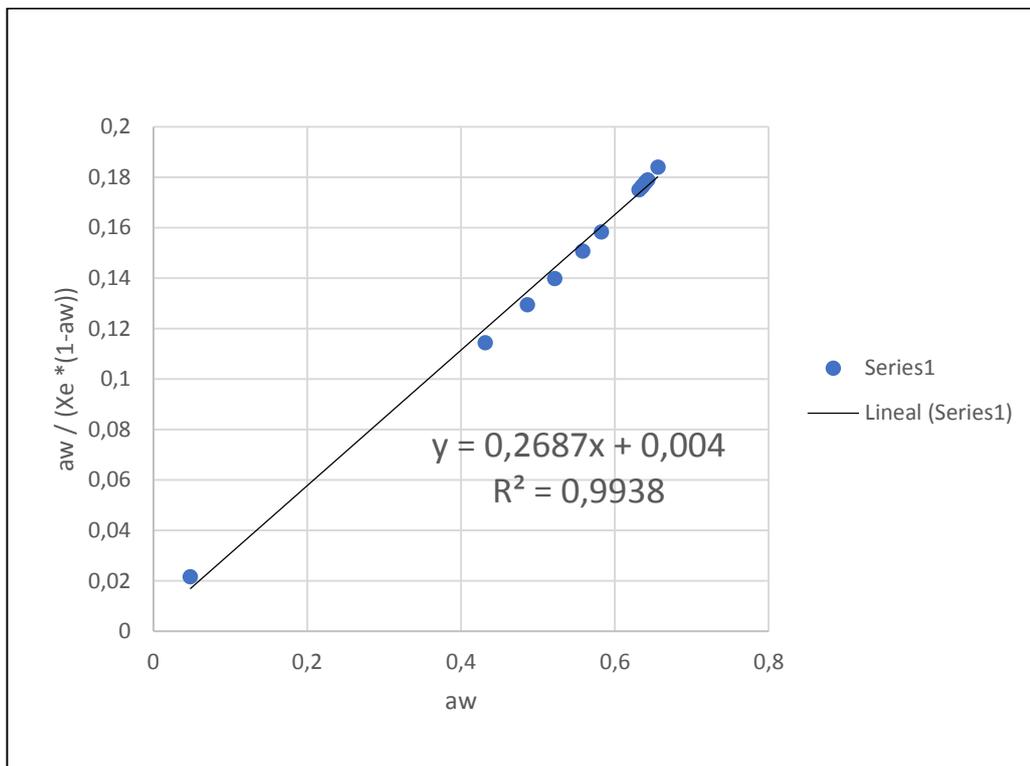
$$Y = 15.41826 + 12.116376e^{0.2597349 t}$$





Regresión lineal para el cálculo de las constantes de B.E.T

$$Y = bX + a$$



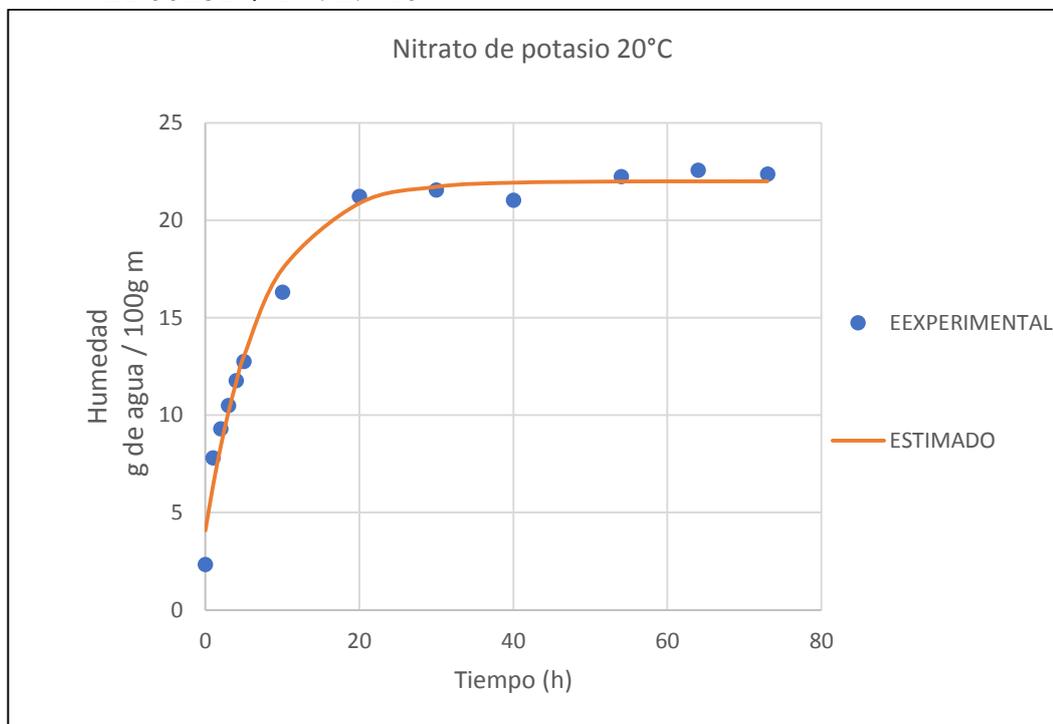
Pesos para Nitrato de potasio

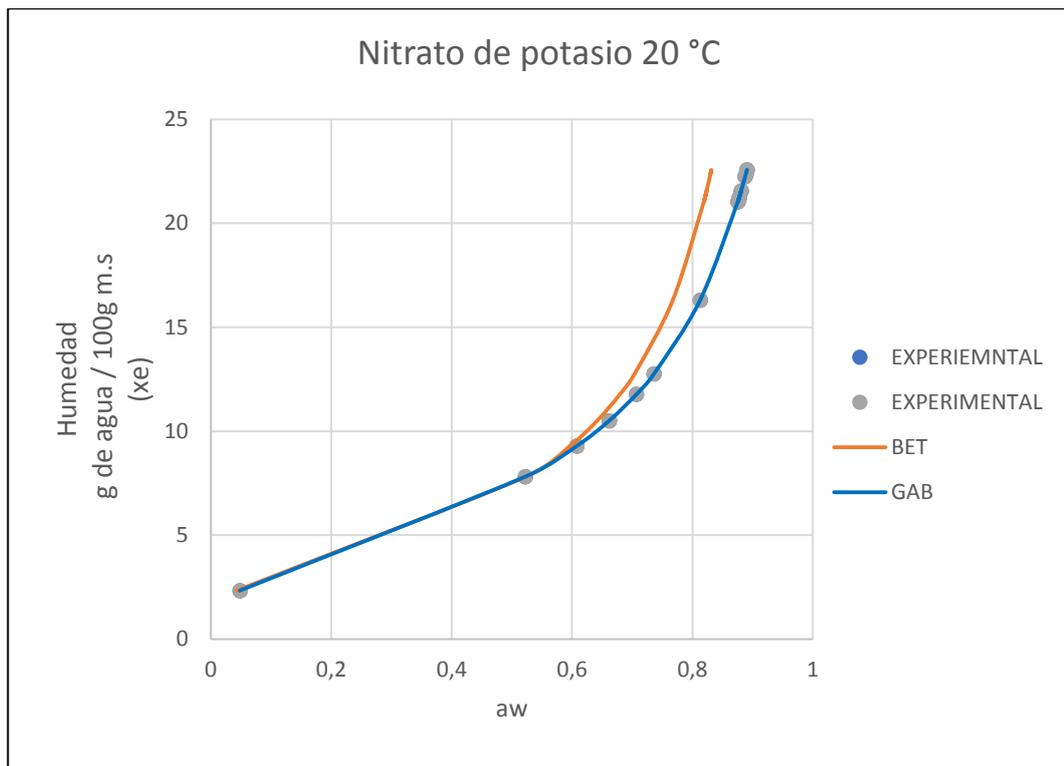
TIEMPO (h)	Humedad (g)
0	2.33
1	7.81
2	9.292
3	10.5
4	11.772
5	12.762
10	16.306
20	21.232
30	21.558
40	21.038
54	22.242
64	22.57
73	22.376

CONSTANTES

a	22.0018232
b	17.9197423
c	0.13822992

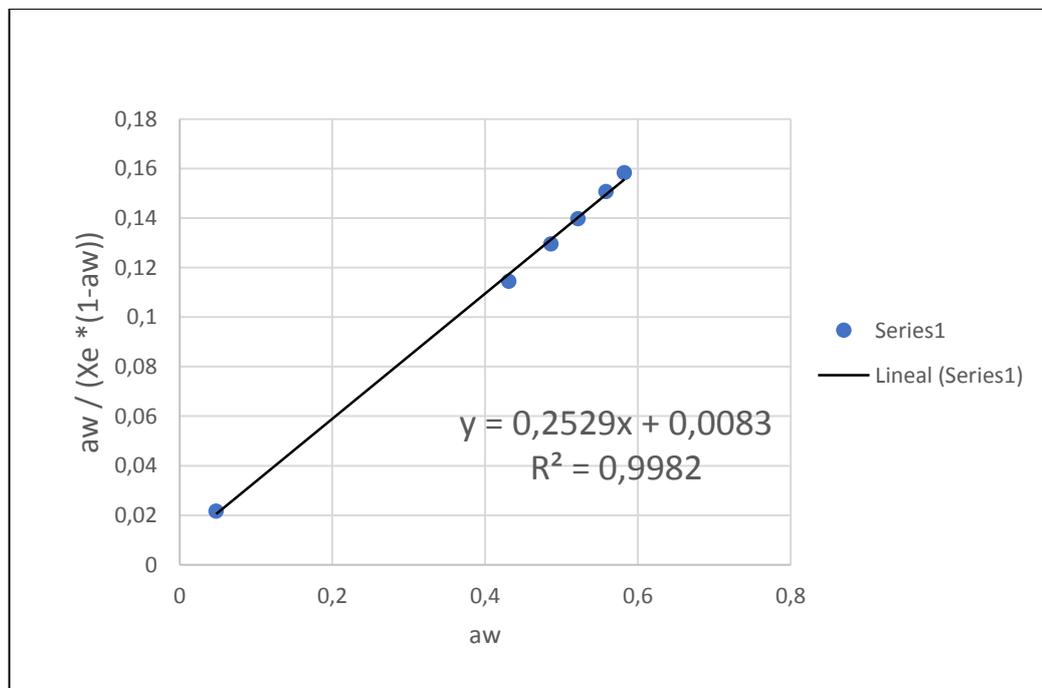
$$Y = 22.00182 + 17.91974e^{0.13823 t}$$





Regresión lineal para el cálculo de las constantes de B.E.T

$$Y = bX + a$$



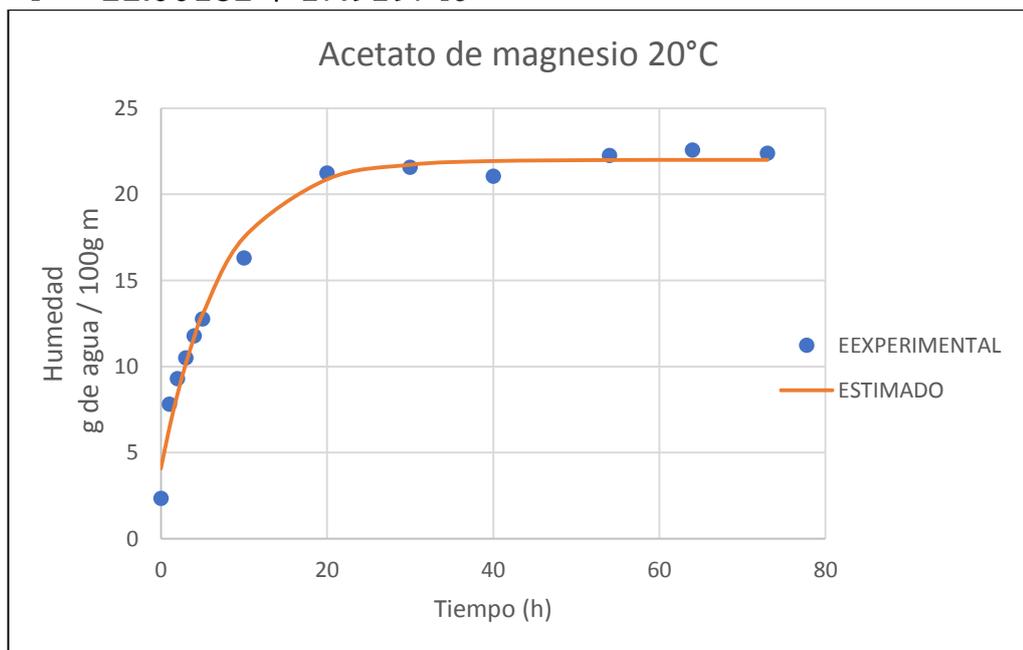
Pesos para Acetato de magnesio

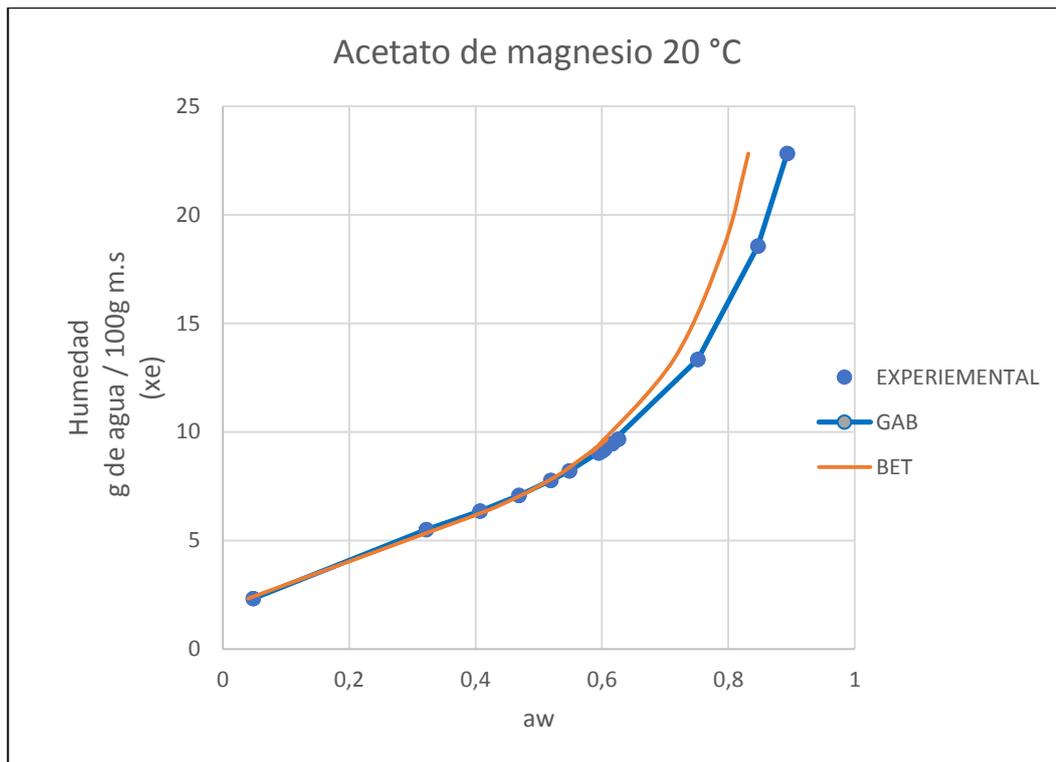
TIEMPO (h)	Humedad (g)
0	2.33
1	7.81
2	9.292
3	10.5
4	11.772
5	12.762
10	16.306
20	21.232
30	21.558
40	21.038
54	22.242
64	22.57
73	22.376

CONSTANTES

A	22.0018232
B	17.9197423
C	0.13822992

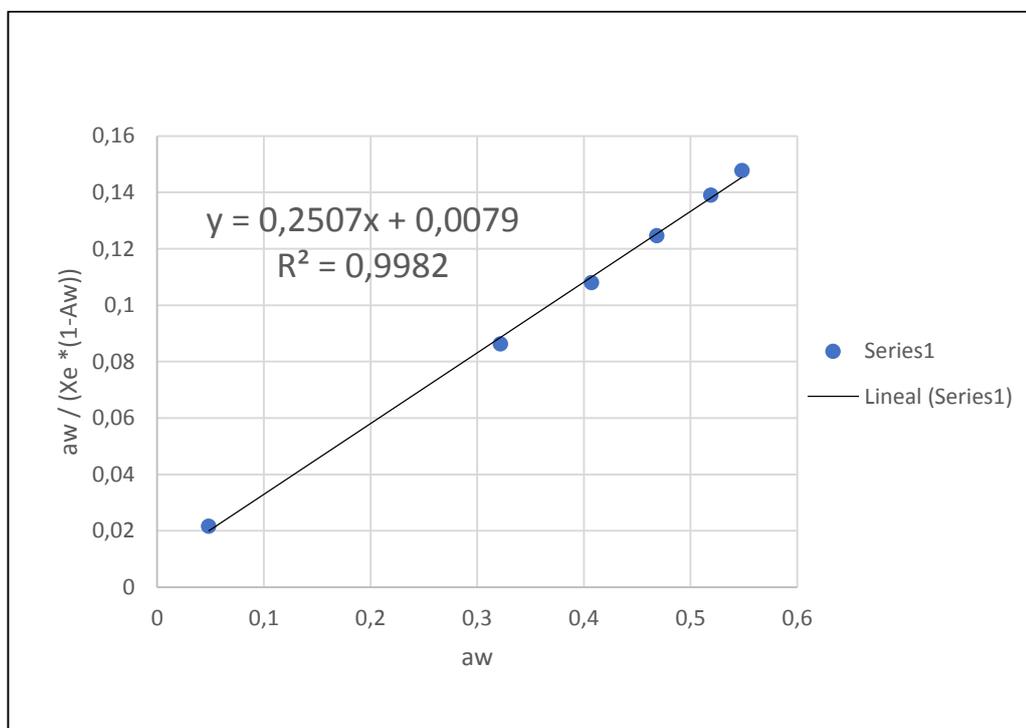
$$Y = 22.00182 + 17.91974e^{0.13823 t}$$





Regresión lineal para el cálculo de las constantes de B.E.T

$$Y = bX + a$$



PESOS REGISTRADOS A 25 °C DE LAS DISTINTAS SALES

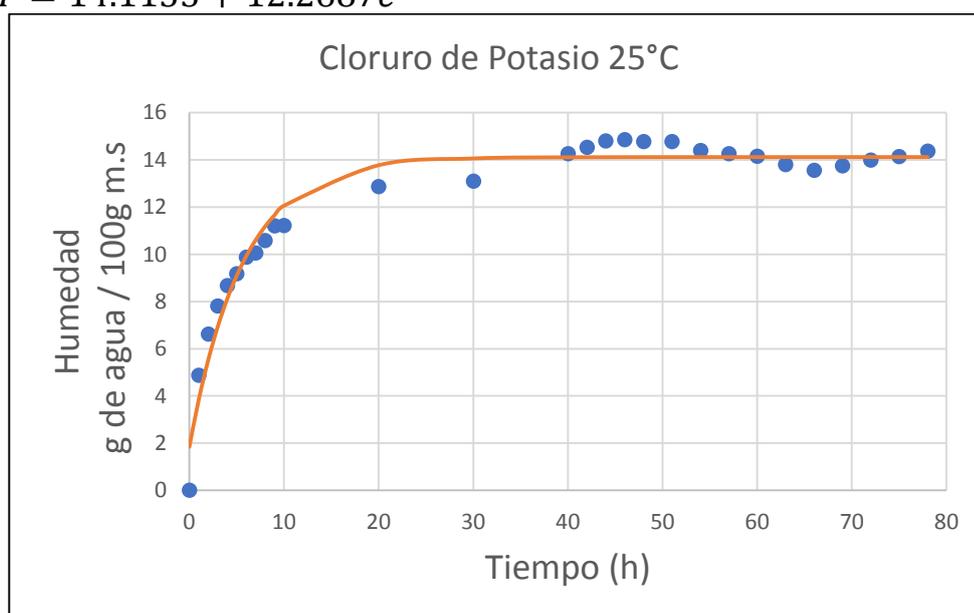
Pesos para Cloruro de potasio

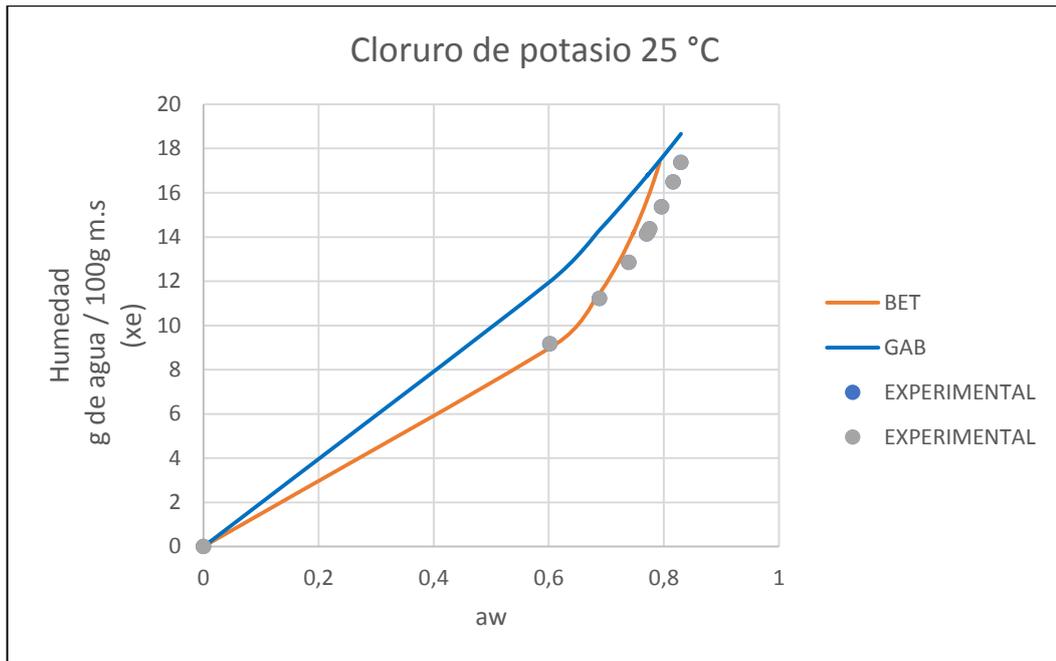
Tiempo (h)	Humedad (Xe)	Tiempo (h)	Humedad (Xe)
0	0	42	14.524
1	4.866	44	14.796
2	6.612	46	14.844
3	7.802	48	14.762
4	8.666	51	14.77
5	9.172	54	14.386
6	9.868	57	14.254
7	10.05	60	14.144
8	10.58	63	13.796
9	11.202	66	13.554
10	11.218	69	13.736
20	12.86	72	13.978
30	13.092	75	14.13
40	14.256	78	14.366

CONSTANTES

a	14.116
b	12.269
c	0.1785

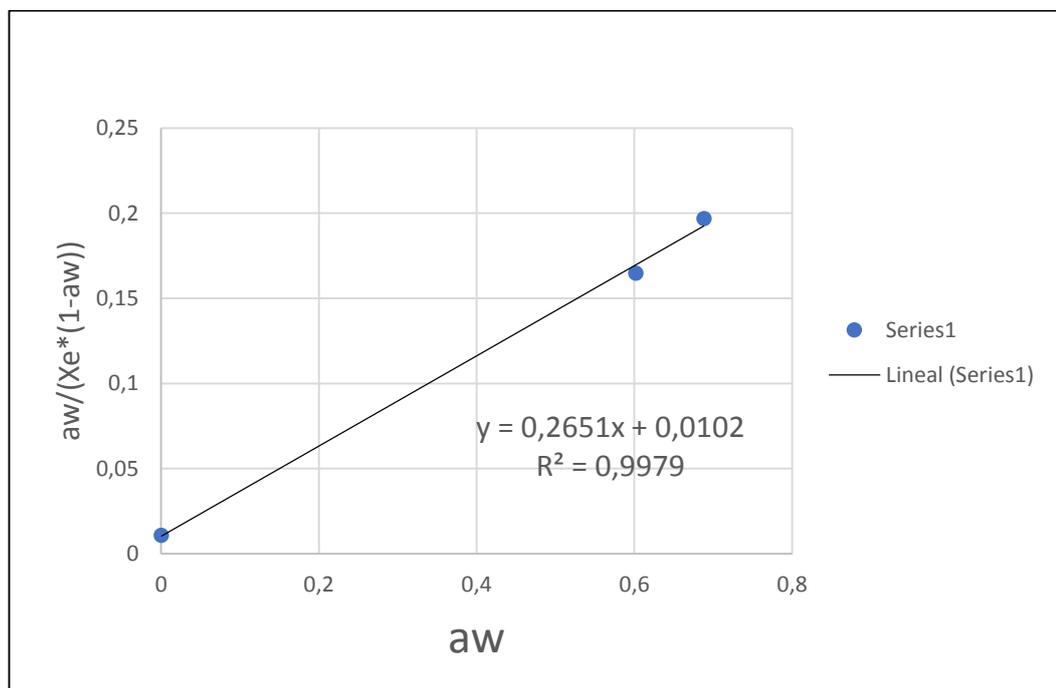
$$Y = 14.1153 + 12.2687e^{0.17846 t}$$





Regresión lineal para el cálculo de las constantes de B.E.T

$$Y = bX + a$$



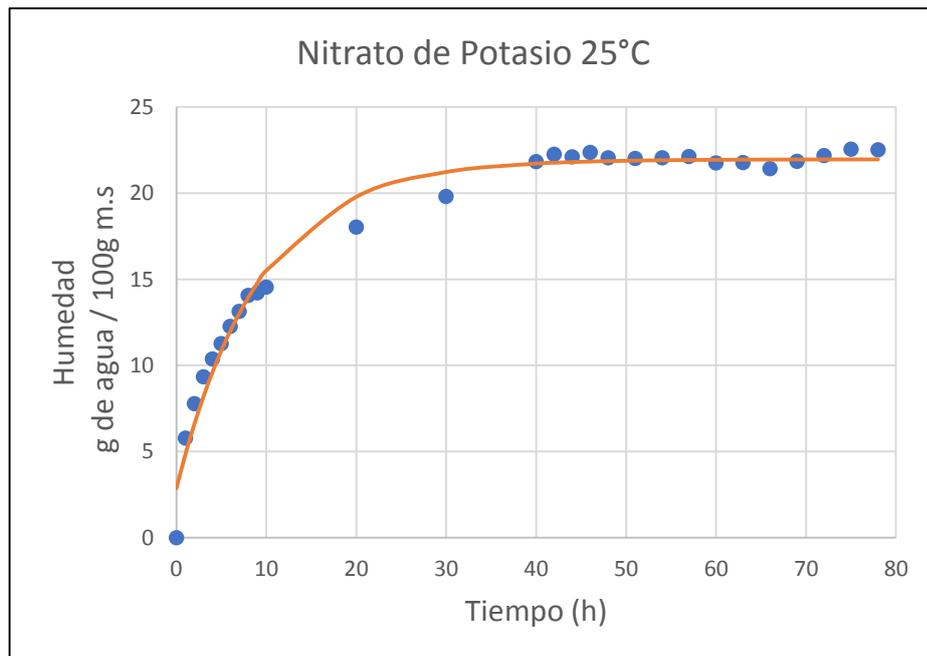
Pesos para Nitrato de potasio

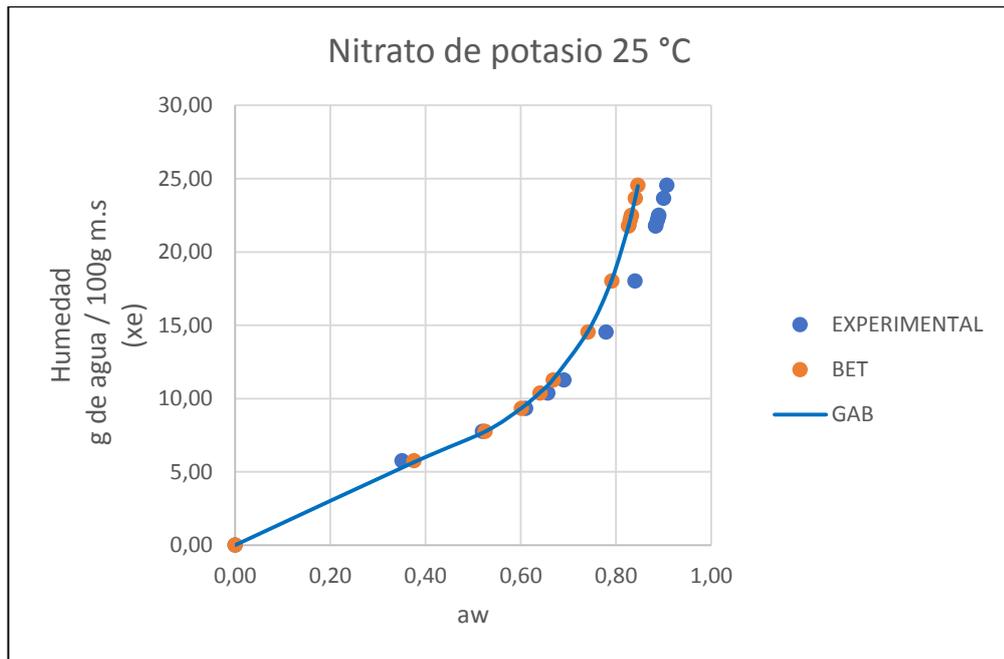
TIEMPO (h)	Humedad (X)	TIEMPO (h)	Humedad (X)
0	0	42	22.26
1	5.776	44	22.114
2	7.774	46	22.376
3	9.332	48	22.054
4	10.386	51	22.02
5	11.276	54	22.066
6	12.272	57	22.126
7	13.138	60	21.766
8	14.064	63	21.772
9	14.21	66	21.432
10	14.546	69	21.846
20	18.04	72	22.194
30	19.81	75	22.56
40	21.832	78	22.516

CONSTANTES

a	21.965747
b	19.102405
c	0.1085046

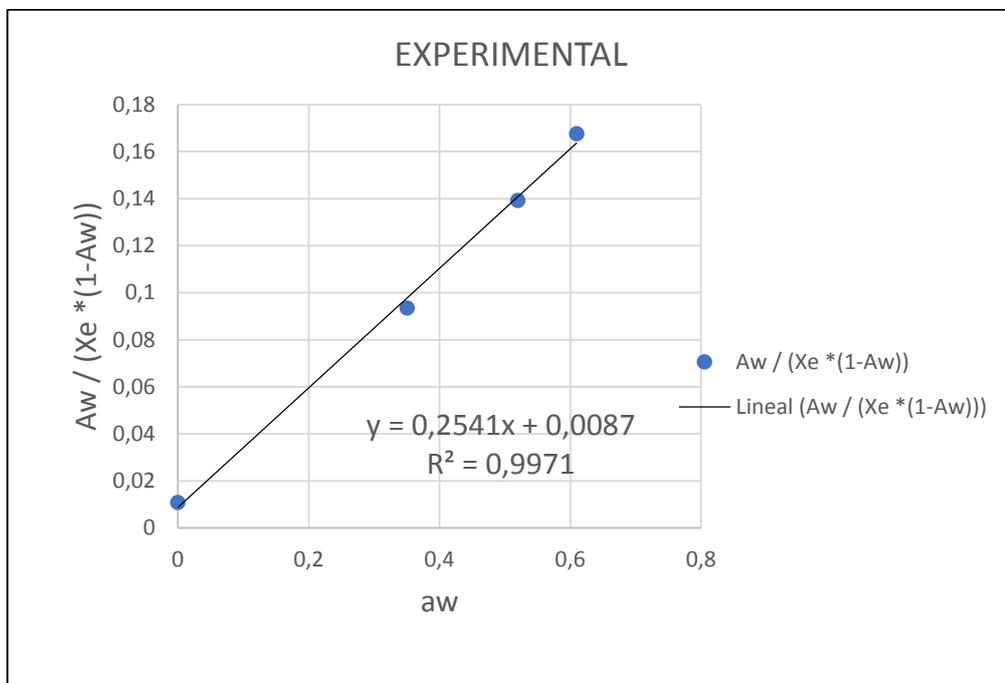
$$Y = 21.9657 + 19.10240e^{0.1085 t}$$





Regresión lineal para el cálculo de las constantes de B.E.T

$$Y = bX + a$$



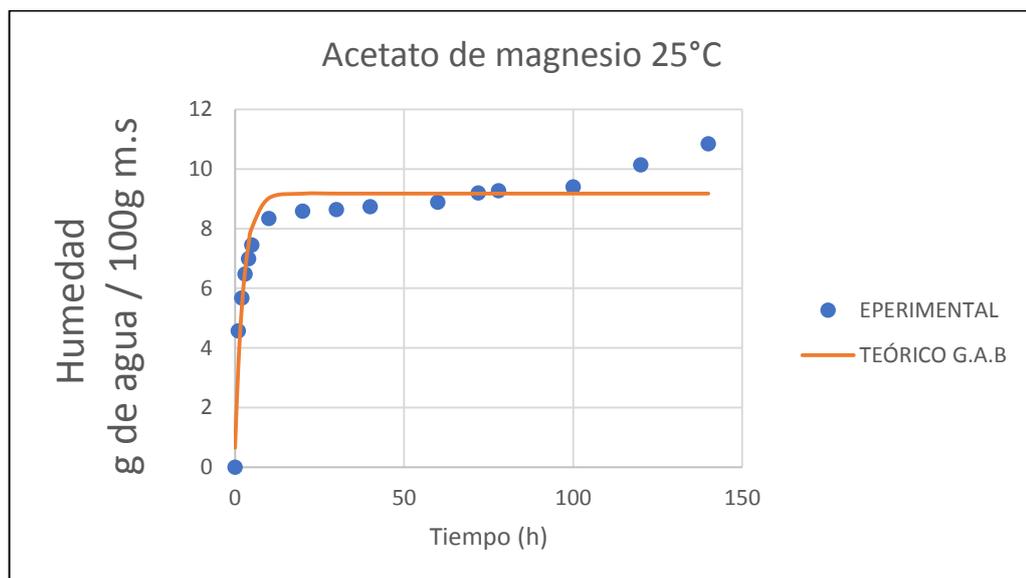
Pesos para Acetato de magnesio

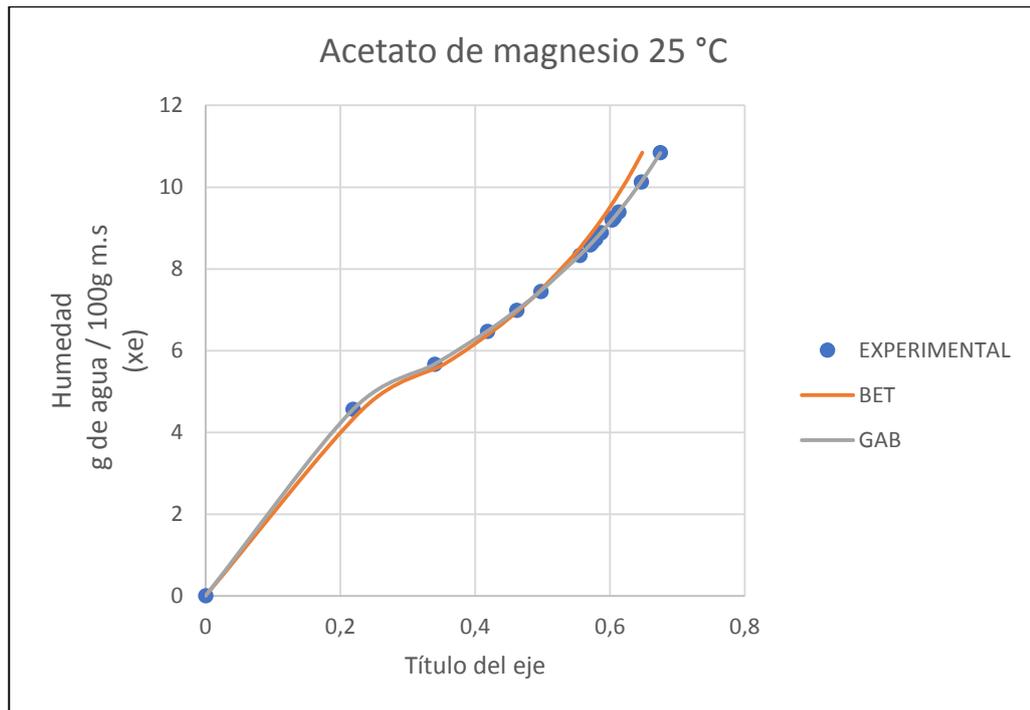
TIEMPO (h)	Humedad (g)
0	0
1	4.572
2	5.672
3	6.474
4	6.99
5	7.454
10	8.332
20	8.588
30	8.642
40	8.734
60	8.886
72	9.196
78	9.264
100	9.395
120	10.132
140	10.845

CONSTANTES

a	9.17493672
b	8.52179641
c	0.40112723

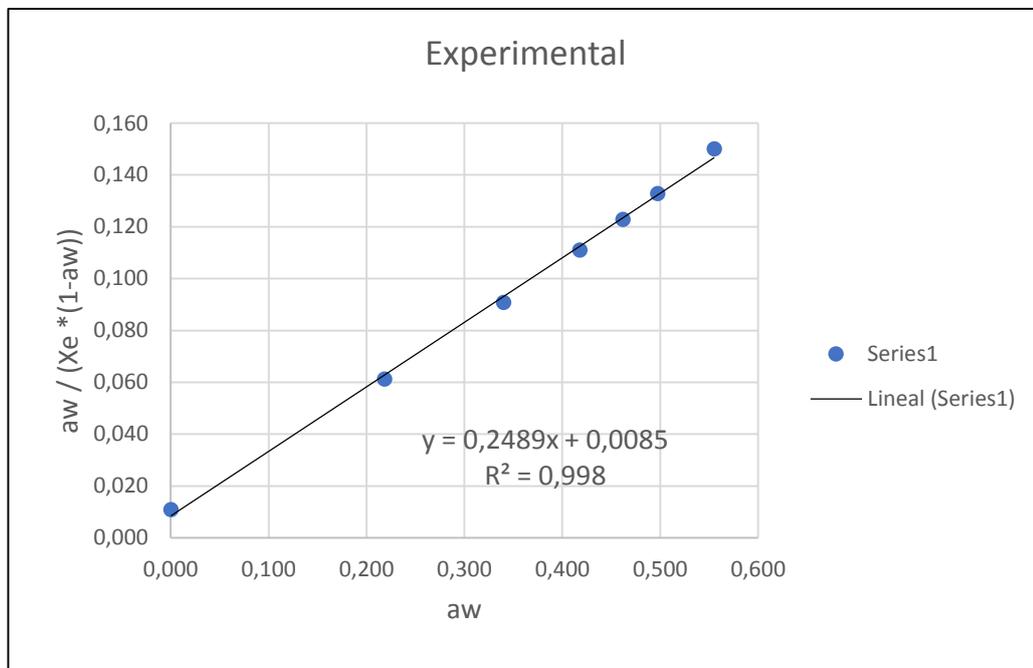
$$Y = 9.174936 + 8.521796e^{0.401127 t}$$





Regresión lineal para el cálculo de las constantes de B.E.T

$$Y = bX + a$$



PESOS REGISTRADOS A 30 °C DE LAS DISTINTAS SALES

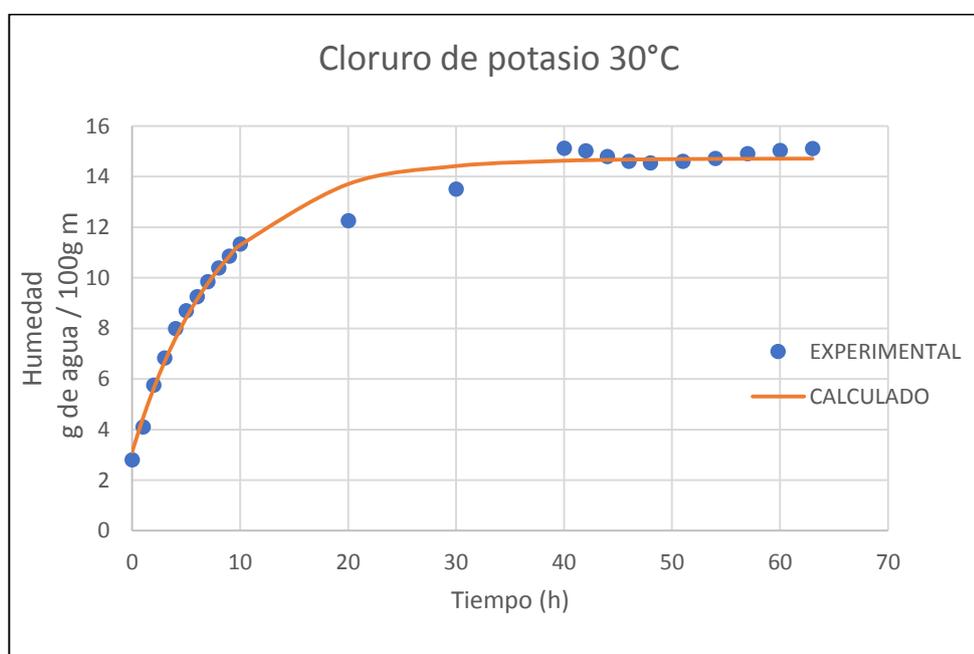
Pesos para Cloruro de potasio

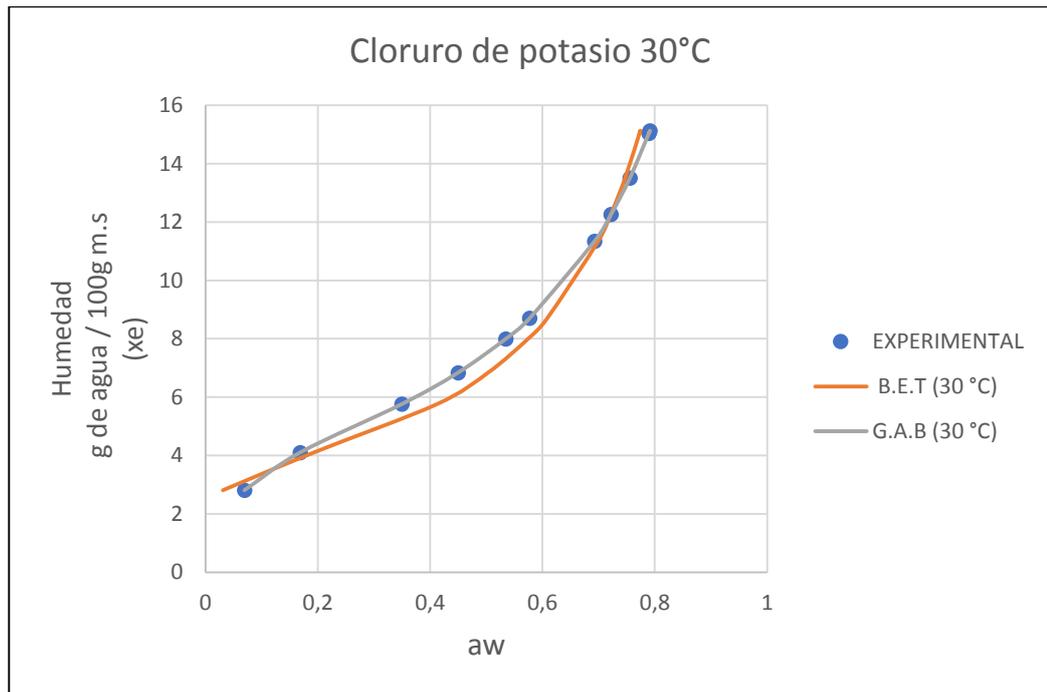
TIEMPO (h)	Humedad (g)	TIEMPO (h)	Humedad (g)
0	2.81	25	13.2586
1	4.104	30	13.508
2	5.764	40	15.134
3	6.838	42	15.028
4	7.994	44	14.804
5	8.702	46	14.612
6	9.262	48	14.554
7	9.856	51	14.608
8	10.398	54	14.728
9	10.858	57	14.908
10	11.338	60	15.038
20	12.264	63	15.116

CONSTANTES

a	14.7179622
b	11.601101
c	0.12195715

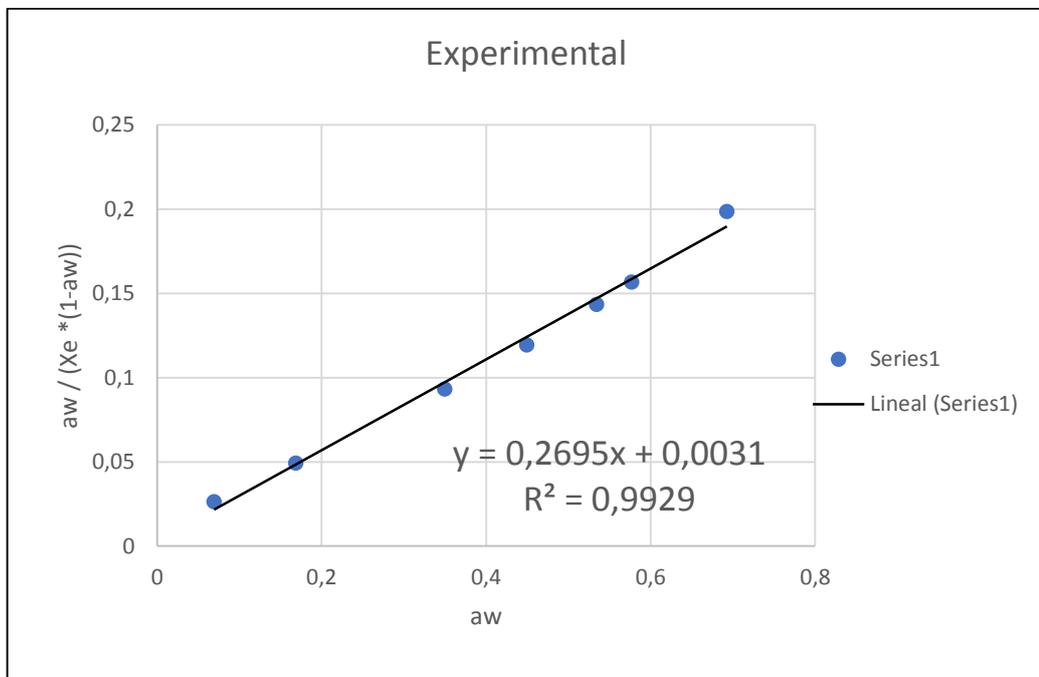
$$Y = 14.71796 + 11.6011e^{0.121957 t}$$





Regresión lineal para el cálculo de las constantes de B.E.T

$$Y = bX + a$$



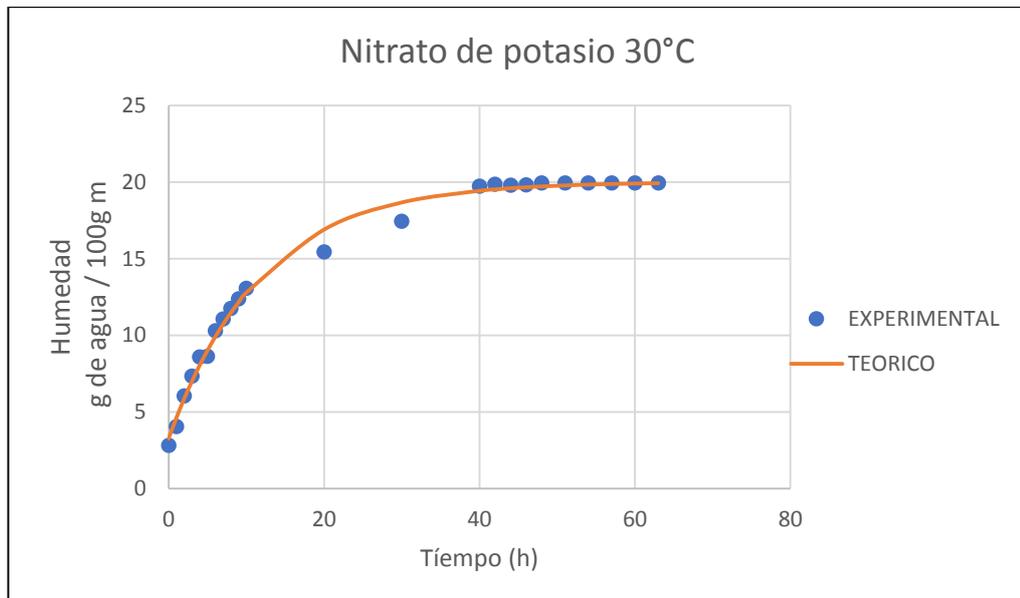
Pesos para Nitrato de potasio

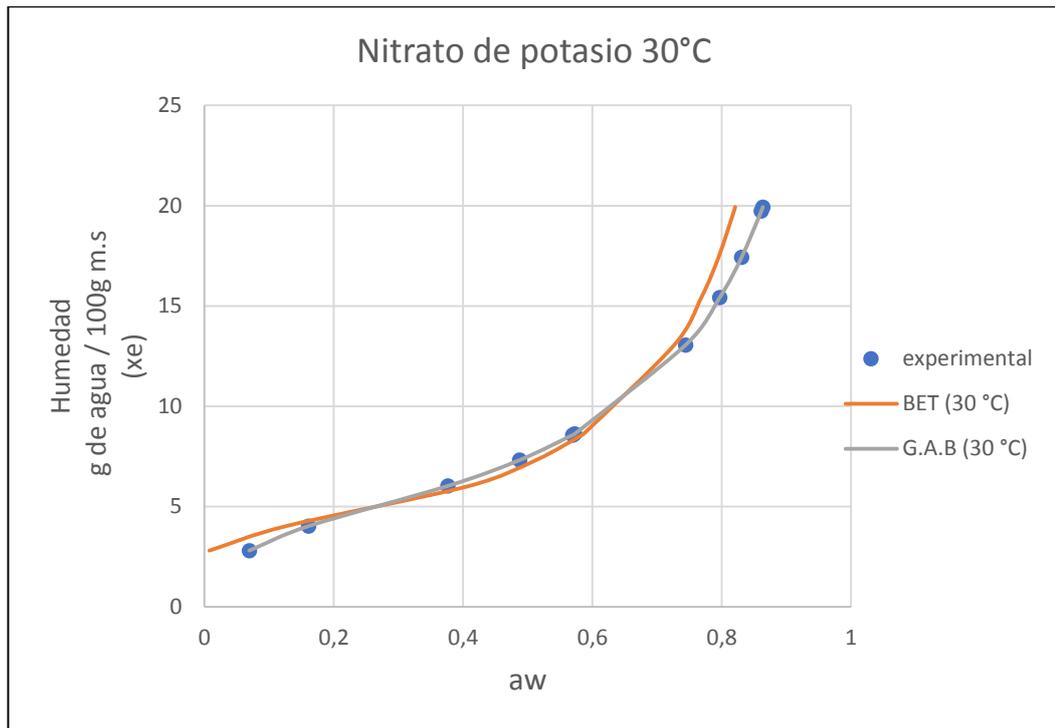
TIEMPO (h)	Humedad (g)	TIEMPO (h)	Humedad (g)
0	2.81	25	14.278
1	4.03	20	15.434
2	6.03	30	17.43
3	7.32	40	19.734
4	8.57	42	19.856
5	8.626	44	19.796
6	10.286	46	19.815
7	11.066	48	19.924
8	11.748	51	19.926
9	12.374	54	19.928
10	13.058	57	19.932
20	15.434	60	19.933
30	17.43	63	19.932

CONSTANTES

a	20.0073917
b	16.7465158
c	0.08411483

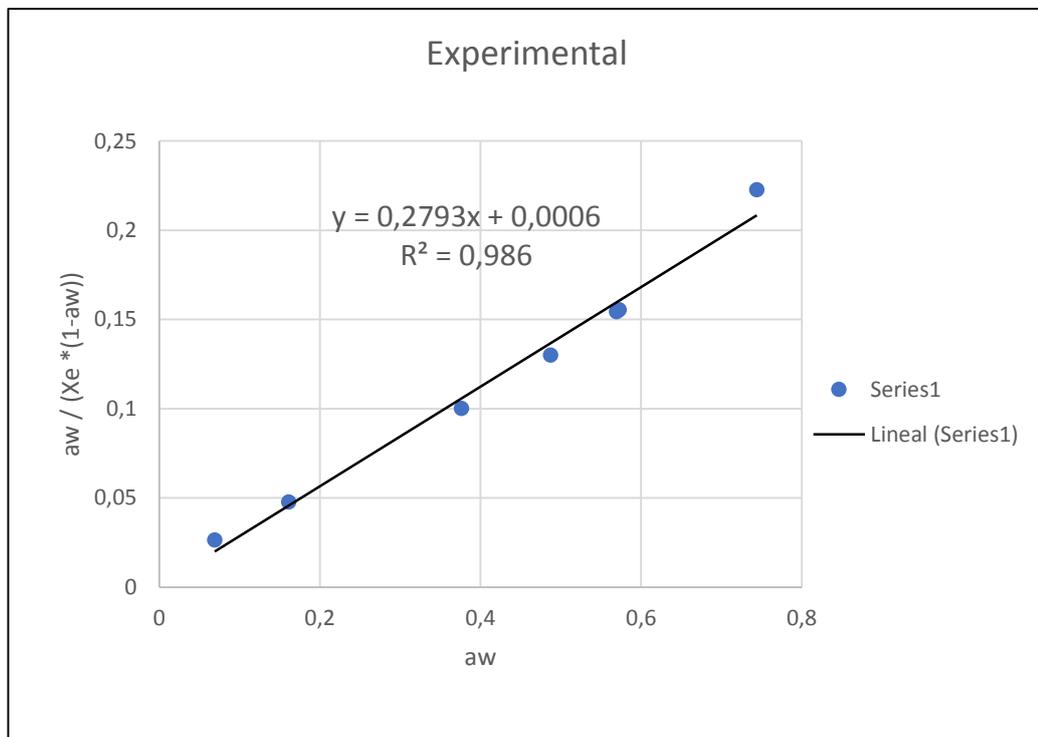
$$Y = 20.00739 + 16.74652e^{0.084115 t}$$





Regresión lineal para el cálculo de las constantes de B.E.T

$$Y = bX + a$$



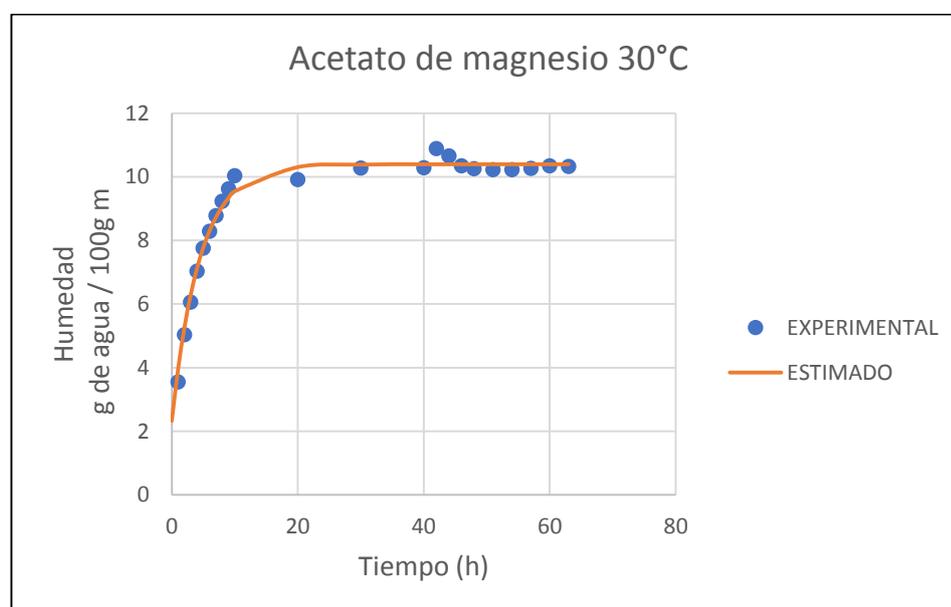
Pesos para Acetato de magnesio

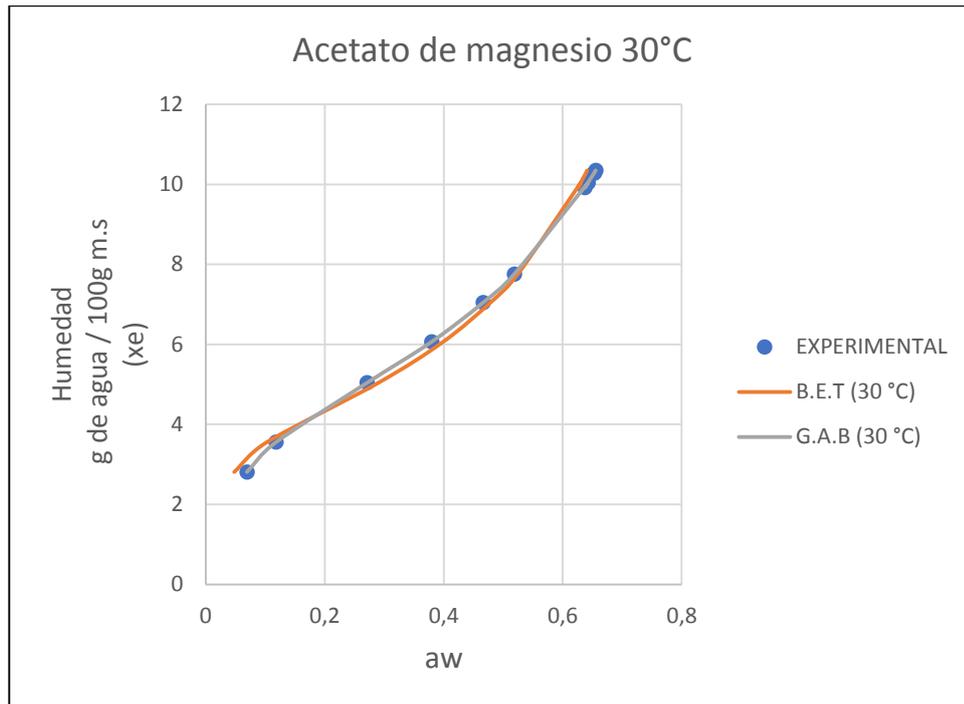
TIEMPO (h)	Humedad (g)	TIEMPO (h)	Humedad (g)
0	2.81	25	10.123
1	3.554	30	10.276
2	5.038	40	10.289
3	6.064	42	10.89
4	7.042	44	10.656
5	7.756	46	10.348
6	8.292	48	10.262
7	8.78	51	10.228
8	9.238	54	10.232
9	9.624	57	10.272
10	10.04	60	10.346
20	9.914	63	10.328

CONSTANTES

a	10.3923108
b	8.0630974
c	0.2250704

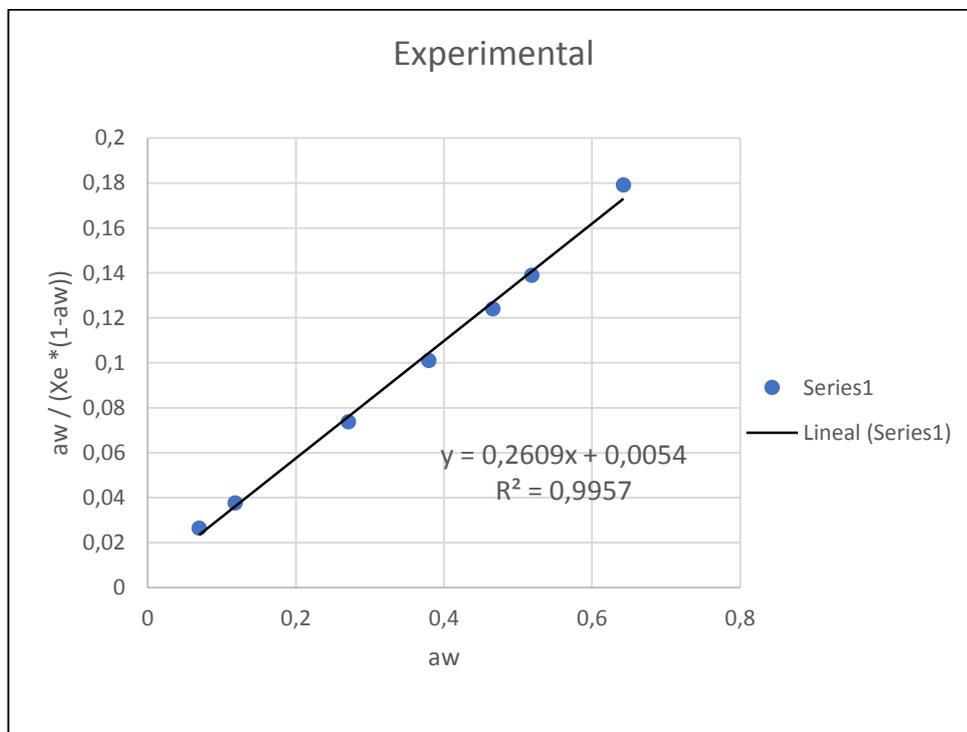
$$Y = 10.39231 + 8.063097e^{0.22507 t}$$





Regresión lineal para el cálculo de las constantes de B.E.T

$$Y = bX + a$$



Anexo N°3: Resultado de Análisis Físico Química y Microbiológico



Facultad de
Industrias Alimentarias
Planta Piloto
Centro de Prestación de Servicio en Control de
Calidad de Alimentos.
"CEPRESE CICAL"

Laboratorio de Control de Calidad de Alimentos INFORME DE ENSAYO N° 001-2020

I. DATOS DEL SOLICITANTE

Nombre	ROGER RUIZ PAREDES
Dirección	--
Telefax	--

II DATOS DEL SERVICIO

N° de solicitud de servicio	1/2020
Fecha de solicitud de servicio	01/10/2020
Servicio solicitado	Análisis Físico Químico

III. DATOS DEL PRODUCTO

Nombre del producto	<i>Pulpa atomizada de aguaje</i>
Numero de muestra	UNO (01)
Tamaño de muestra	200 gr.
Muestra	Proporcionado por el cliente
Código	"T"
Tamaño del lote	--
Forma de presentación	Envasado bolsa de polietileno
Fecha de producción	--
Fecha de vencimiento	--

IV. RESULTADOS DEL ENSAYO

ENSAYO FISICO QUIMICO	RESULTADOS %
Humedad	2.44
Ceniza	1.93
Grasa	22.46
Proteína (Fac. 6.25)	6.08
Carbohidratos	67.09
Calorías	494.82 Kcal
Acidez Titulable (Ácido Sulfúrico)	2.15
Ph	3.00
Fibra bruta	25.32



Dirección: calle Freyre N° 610, Iquitos, Perú www.unapiquitos.edu.pe
Teléfono: (5165)234458, 242922 Telefax: (5165)242001



UNAP

**Facultad de
Industrias Alimentarias
Planta Piloto**

Centro de Prestación de Servicio en Control de
Calidad de Alimentos.

"CEPRESE COCAL"

NORMA QUE REGULA EL CONTROL DE CALIDAD

N.T.P.206.011

N.T.P. 206.012

A.O.A.C. 960.32

ITINTEC-N.T. N 201.021

A.O.A.C. 942.15

N.T.P. 205.040

A.O.A.C. 920.39

MÉTODOS USADOS

- Gravimetría
- KJELDHAL
- Cálculo
- Volumetría
- Potenciometría
- Digestión

NOTA:

- Se prohíbe la reproducción total o parcial del presente documento, sin la autorización de CEPRESE – COCAL DE LA FIA-UNAP (Laboratorios).

Iquitos, 12 de octubre de 2020

ING. LUIS E. SILVA RAMOS

Jefe del Laboratorio de Control Calidad de
Alimentos FIA - UNAP



Dirección: calle Freyre N° 610, Iquitos, Perú www.unapiquitos.edu.pe
Teléfono: (5165)234458, 242922 Telefax: (5165)242001



Laboratorio de Microbiología de Alimentos

INFORME DE ENSAYO N° 001-2020

I. DATOS DEL SOLICITANTE

Nombre	ROGER RUIZ PAREDES
Dirección	--
Telefax	--

II. DATOS DEL SERVICIO

N° de solicitud de servicio	01/2020
Fecha de solicitud de servicio	01/10/2020
Servicio solicitado	Análisis Microbiológico

DATOS DEL PRODUCTO	<i>Paipa atomizada de aguaje</i>
Numero de muestra	UNO (01)
Tamaño de muestra	500 gr.
Código de la muestra	--
Código	"S"
Tamaño del lote	--
Forma de presentación	Envasado bolsa de polietileno
Fecha de producción	--
Fecha de vencimiento	--

III. RESULTADOS DEL ENSAYO

ENSAYO MICROBIOLÓGICO	RESULTADOS
Coliformes (UFC/g)	< 3.0
Mohos (UFC/g)	3 x 10 ¹
Levaduras (UFC/g)	< 10
Salmonella sp.	Ausencia en 25 g





Facultad de
Industrias Alimentarias
Planta Piloto

Centro de Prestación de Servicio en Control de
Calidad de Alimentos.
"CEPRESE COCAL"

MÉTODOS USADOS

- APHA. Multiple Tubes Fermentation Technique/Total Coliforms. 9221 B.
- Recuento de mohos y levaduras. FDA. 1992. Cap. 18. 7ma. Ed.
- Salmonella. FDA. BAM. Capítulo 5. Rev. 8ava ed. 2007

NOTA:

- Se prohíbe la reproducción total o parcial del presente documento, sin la autorización de CEPRESE - COCAL FIA-UNAP (Laboratorio).

Iquitos, 08 de octubre 2020

Bigo. JESSY P. VASQUEZ CHUMBE
Jefe del Laboratorio de Microbiología de
Alimentos FIA-UNAP



Dirección: calle Freyre N° 610, Iquitos, Perú
Teléfono: (5165)234458, 242922 Telefax: (5165)242001

www.unapiquitos.edu.pe