Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Farmacia y Bioquímica
Escuela Profesional de Ciencia de los Alimentos

Estimación de las isotermas de adsorción y caracterización de la sangre de pollo (*Gallus domesticus*) deshidratada

TESIS

Para optar el Título Profesional de Licenciado en Ciencia y Tecnología de los Alimentos

AUTOR

Rocío Milagros SAPAILLA ARCOS

ASESORES

Úrsula VILLAFUERTE MONTES

Eloísa Maximina HERNÁNDEZ FERNÁNDEZ (Coasesor)

Lima, Perú

2020



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Sapailla R. Estimación de las isotermas de adsorción y caracterización de la sangre de pollo (*Gallus domesticus*) deshidratada [Tesis]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Escuela Profesional de de Ciencia de los Alimentos; 2020.

Hoja de metadatos complementarios

Código ORCID del autor	**0000-0001-6073-9024**
DNI o pasaporte del autor	**45947753**
Código ORCID del asesor	**0000-0003-4671-3578**
DNI o pasaporte del asesor	**40784942**
Grupo de investigación	**CARACTERIZACION INTEGRAL Y PROCESOS TECNOLOGICOS DE ALIMENTOS FUNCIONALES Y NUTRACEUTICOS**
Agencia financiadora	Perú – Lima Facultad de Farmacia y Bioquímica – UNMSM Caracterización Integral y Procesos Tecnológicos de Alimentos Funcionales y Nutraceúticos. Proyecto A17041881 / RR 04274-R-17
Ubicación geográfica donde se desarrolló la investigación	Jirón Huanta 1182, Cercado de Lima – Lima Facultad de Farmacia y Bioquímica (UNMSM)
Año o rango de años en que se realizó la investigación	**2017-2020**
Disciplinas OCDE	Salud pública, Salud ambiental http://purl.org/pe-repo/ocde/ford#3.03.05 Biología celular, Microbiología http://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.06.01

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado Examinador y Calificador de la Tesis titulada:

Estimación de las isotermas de adsorción y caracterización de la sangre de pollo (*Gallus domesticus*) deshidratada

Que presenta la Bachiller en Ciencia y Tecnología de los Alimentos:

ROCÍO MILAGROS SAPAILLA ARCOS

Que reunidos en la fecha se llevó a cabo la **SUSTENTACIÓN** de la **TESIS**, y después de las respuestas satisfactorias a las preguntas y objeciones formuladas por el Jurado, y practicada la votación han obtenido la siguiente calificación:

----------DIECISIETE (17) SOBRESALIENTE --------

en conformidad con el Art. 34.º del Reglamento para la obtención del Grado Académico de Bachiller en Ciencia y Tecnología de los Alimentos y Título Profesional de Licenciado (a) en Ciencia y Tecnología de los Alimentos de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Lima, 17 de setiembre de 2020.

Dra. María Elena Salazar Salvatierra
Presidenta

Jr. Puno N° 1002, Jardín Botánico – Lima 1 – Perú
Teléfonos: (511) 619-7000 anexo 4826 Ap. Postal 4559 – Lima 1
E-mail: decanofyb@unmsm.edu.pe http://farmacia.unmsm.edu.pe

ISO 9001 BUREAU VERITAS Certification
Nº BR233265

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de tesis en primer lugar a Dios por darme la vida, proteger a mi familia y a mí durante todo este camino, por brindarme salud y permitir que pueda alcanzar este tan significativo período de mi vida profesional.

A mis padres, Arsenio y Magna por ser los pilares primordiales en mi vida; sin su apoyo, esfuerzo y amor incondicional jamás hubiese podido cumplir mis metas y sueños. Por ser un ejemplo de perseverancia y lucha insaciable para poder sacar adelante a mis hermanos y a mí, por enseñarme que todo en esta vida se puede lograr si uno realmente lo quiere e inculcarme buenos hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos difíciles.

A mis hermanos, Juan y Luis, por ser los mejores hermanos siempre sacándome una sonrisa, por su amor puro y apoyo incondicional, los amo infinitamente.

A mi familia por estar siempre junto a mí brindándome el soporte necesario y por compartir gratos momentos juntos.

1. AGRADECIMIENTO

Al Vicerrectorado de Investigación y Posgrado de la Facultad de Farmacia y Bioquímica por el financiamiento para la ejecución de esta tesis mediante el proyecto A17041881 con Resolución de Rectorado 04274-R-17.

De manera especial a la Ing. Ursula Villafuerte y a la Dra. Eloisa Hernández miembros del grupo de investigación “Caracterización Integral Y Procesos Tecnológicos De Alimentos Funcionales Y Nutraceuticos” asesoras del trabajo de investigación, por brindarme su paciencia, tiempo y sobretodo sus conocimientos para la ejecución de la tesis.

Al Dr. Félix Veliz Vicedecano académico de la Facultad de Farmacia y Bioquímica, por la facilidad brindada en el uso del Laboratorio de Química Orgánica, permitiendo parte del proceso del presente trabajo.

Al Departamento de Farmacotécnia y en especial a los profesores José Jáuregui y Paul Gutiérrez, por el apoyo brindado con los equipos y uso del laboratorio para la elaboración de este trabajo.

Al Ing. Victor Aguilar Apaza, por brindarme sus conocimientos y apoyo para la ejecución de este trabajo de tesis.

A la Escuela Académica de Ciencia de los Alimentos y a todos mis profesores, que ayudaron en mi formación profesional, sin todos sus conocimientos brindados no estaría hoy llegando esta etapa de mi formación profesional.

A mis padres, por su sacrificio día tras día y sobre todo por el apoyo y consejos que me brindan para poder superarme, ustedes son mi fuerza y motor los amare hasta la eternidad.

A mis amigos en general que siempre me alentaron a seguir adelante y en especial a mi compañero Gianmarco Alvarado Chavez, por el apoyo incondicional brindado durante la ejecución de esta tesis y sobre todo por su amistad leal y confianza.

2. RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo establecer la relación entre la actividad de agua (aw) y humedad de equilibrio (Xe) mediante modelos matematicos a diferentes temperaturas (Tº) y caracterizar la sangre de pollo (*Gallus domesticus*) deshidratada, pues al conocer la relación entre la actividad de agua (aw) y el contenido de humedad de equilibrio del producto se puede establecer las condiciones ideales para su conservación evitando cambios en las propiedades y asegurando la calidad del producto. Además de darle un valor agregado a un subproducto de la industria avícola que en la mayoría de los casos termina siendo eliminado a los desagües ocasionando un grave problema de contaminación ambiental. La sangre de pollo deshidratada se obtuvo a partir del secado en estufa con aire forzado a las temperaturas de 40, 50 y 60°C, las mediciones experimentales fueron llevadas a cabo en el laboratorio de Bromatología Especial y Tecnología Nutricional, de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Las isotermas de adsorción se analizaron a tres temperaturas (10, 25 y 35°C) a través del método gravimétrico estático. Se expusieron las muestras de sangre de pollo deshidratada en humedades relativas correspondientes a sales saturadas en solución con una actividad de agua (aw) conocida (0.95 a 0.03) por un periodo de 4 semanas hasta alcanzar la humedad de equilibrio (Xe). Las isotermas exhibieron un comportamiento de forma sigmoidea tipo II. Los datos experimentales obtenidos (Xe en función de aw) fueron ajustados a siete modelos matemáticos comúnmente aplicados en alimentos, tales como las ecuaciones de BET (de Brunauer, Emmett y Teller), GAB (de Guggenheim-Anderson-DeBOER), Halsey, Smith, Caurie, Henderson y Oswin. La calidad del ajuste se evaluó con el coeficiente de regresión (R^2), porcentaje del error medio relativo (%ERM) y error estándar de humedad (SEM). De los datos obtenidos se concluyó que los modelos de GAB, BET y Halsey fueron los que se

ajustaron a las tres temperaturas de estudio, siendo el modelo de GAB el de mejor ajuste para las temperaturas de 10ºC y 35ºC; y Halsey para la temperatura de 25ºC. Para conocer la influencia de la temperatura con respecto a la humedad de equilibrio se realizó análisis estadístico ANOVA de diseño de bloques completamente al azar con un nivel de confianza de 0.05, evidenciándose que existe influencia significativa de las temperaturas sobre la humedad de equilibrio.

Palabras clave: Sangre de pollo (*Gallus domesticus*) deshidratada, isotermas de adsorción, sales saturadas, actividad de agua.

ABSTRACT

The objective of this work was to establish the relationship between water activity (aw) and equilibrium moisture (Xe) by mathematical models at different temperatures (Tº) and to characterize dehydrated chicken blood (Gallus domesticus), since knowing the relationship between water activity (aw) and the equilibrium moisture content of the product can establish the ideal conditions for its preservation avoiding changes in its properties and ensuring product quality. In addition to giving added value to a by-product of the poultry industry that in most cases ends up being eliminated to the drains causing a serious problem of environmental pollution. The dehydrated chicken's blood was obtained from drying with forced air at temperatures of 40, 50 and 60 ° C, experimental measurements were carried out in the Laboratory "Bromatología Especial y Tecnología Nutricional", of the Biochemistry in the Faculty of Pharmacy and Biochemistry of the "Universidad Nacional Mayor de San Marcos". The adsorption isotherms were determined at three temperatures (10, 25 and 35°C), through the static gravimetric method; the samples of dehydrated chicken's blood were exposed in relative humidity corresponding to saturated salts ´s solutions of known

water activity (aw) (0.95 to 0.03) for a period of 4 weeks until equilibrium moisture (Xe) was reached. The isotherms exhibited a sigmoid type II behavior. The experimental data obtained (Xe as a function of aw) were adjusted to seven mathematical models commonly applied in food, such as the GAB equations (from Guggenheim-Anderson-DeBOER), BET (Brunauer, Emmett and Teller), Henderson, Smith, Halsey, Caurie and Oswin. The quality of the adjustment was evaluated with the regression coefficient (R^2), percentage of the relative mean error (% ERM) and the standard humidity error (SEM). From the data obtained it was concluded that the GAB, BET and Halsey were those that were adjusted to the three study temperatures, with the GAB model being the best fit for temperatures of 10ºC and 35ºC; and Halsey for the temperature of 25 ° C. To know the influence of temperature with respect to equilibrium humidity, an ANOVA statistical analysis of completely randomized block design was performed with a confidence level of 0.05, evidencing that there is a significant influence of temperatures on equilibrium humidity.

Key words: Dehydrated chicken´s blood (*Gallus domesticus*), adsorption isotherms, saturated salts, water activity.

ÍNDICE

INDICE DE FIGURAS ***13***

I. INTRODUCCIÓN ***15***

II. OBJETIVOS ***17***

2.1. Objetivo general: 17

2.2. Objetivo específicos: 17

III. HIPÓTESIS ***18***

3.1. Hipótesis general: 18

IV. GENERALIDADES ***19***

4.1. Antecedentes de la investigación 19

4.2. Marco teórico 21

4.2.1. Sangre de Pollo 21

4.2.1.1. Composición de la sangre de pollo 21

4.2.1.2. Consumo en la industria avícola en los últimos años 22

4.2.1.3. Principales residuos de la industria avícola 22

4.2.1.4. Contaminación ambiental por residuos de la industria avícola 23

4.2.1.5. Sangre de pollo deshidratada 23

4.2.2. El agua (H_2O) 24

4.2.2.1. Agua en los alimentos 24

4.2.2.2. Afinidad del agua en los alimentos 25

4.2.3. Actividad de agua (aw) 26

4.2.3.1. Factores que afectan a la actividad de agua (aw) 30

4.2.3.2. Relación de la actividad de agua y el desarrollo de microorganismos 31

35

4.2.4. Secado 35

4.2.4.1. Curva de secado....36
4.2.5. Isotermas....37
4.2.5.1. Definición....37
4.2.5.2. Adsorción....38
4.2.5.3. Histéresis....38
4.2.5.4. Zonas de isotermas....40
4.2.5.5. Tipos de isotermas....41
4.2.5.6. Importancia de las isotermas para la industria alimentaria....44
4.2.5.7. Efecto de la temperatura en las isotermas....44
4.2.5.8. Métodos de estimación de isotermas de sorción....46
4.2.6. Modelos matemáticos de isotermas....47
4.2.6.1. Modelo de BET (Brunauer, Emmet y Teller)....47
4.2.6.2. Modelo GAB (Guggenheim – Amderson – de Boer)....48
4.2.6.3. Modelo de Henderson....50
4.2.6.4. Modelo de Oswin....50
4.2.6.5. Modelo Smith....51
4.2.6.6. Modelo Halsey modificado....51
4.2.6.7. Modelo Caurie....52
4.2.7. Calidad de ajuste de los modelos matemáticos....52
V. METODOLOGÍA....54
5.1. Lugar de ejecución....54
5.2. Materiales....54
5.2.1. Materia prima....54
5.2.2. Sales....54
5.2.3. Materiales....55
5.2.4. Equipos de laboratorio....55
5.3. Método....56

5.3.1. Obtención de sangre de pollo deshidratado. 56
5.3.2. Secado de la sangre de pollo 58
5.3.3. Determinación de humedad, según NTP ISO 1442:2006 (86) 58
5.3.4. Análisis microbiológico 59
5.3.5. Análisis químico proximal 61
5.3.6. Estimación de isotermas de sorción 62

VI. RESULTADOS 67

6.1. Secado de la de sangre de pollo. 67
6.1.1. Humedad de la muestra a las tres temperaturas de secado 71
6.2. Caracterización de la sangre de pollo deshidratado 72
6.2.1. Análisis Fisicoquímicos 72
6.2.2. Análisis microbiológico 72
6.3. Estimación de Isotermas de Adsorción 74
6.3.1. Humedades relativas de sales saturadas 74
6.3.2. Humedad de equilibrio de la sangre de pollo deshidratada 74
6.3.3. Curva de isotermas de adsorción 77
6.3.4. Estimación de parámetros de los modelos matemáticos en las isotermas de adsorción 77
6.3.5. Representación de las isotermas ajustadas a los 7 modelos matemáticos 81
6.4. Análisis estadístico 91
6.4.1. Influencia de la temperatura en la humedad de equilibrio 91

VII. DISCUSIONES 97

VIII. CONCLUSIÓN 105

IX. REFERENCIA BIBLIOGRAFÍA 107

X. ANEXOS 119

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Composición nutricional de sangre de pollo 21

Tabla 2: Coeficiente de digestibilidad, según especie de la proteína de sangre (%) 23

Tabla 3: Contenido de agua de algunos alimentos 25

Tabla 4: Potencial para el crecimiento de microorganismos en alimentos a diferentes valores de aw 33

Tabla 5: Análisis microbiológicos realizados mediante Petrifilm a la sangre de pollo deshidratada y sus respectivos métodos de análisis.....59

Tabla 6: Análisis microbiológicos realizados a la sangre de pollo deshidratada y sus respectivos métodos tradicionales. 60

Tabla 7: Parámetros microbiológicos de los análisis realizados a la sangre de pollo deshidratada.....61

Tabla 8: Análisis fisicoquímicos realizados a la sangre de pollo deshidratada y sus respectivos normas de determinación 62

Tabla 9: Cantidad de sal y agua utilizada para la preparación de soluciones salinas saturadas 63

Tabla 10: Sales y ecuaciones utilizadas para obtener la actividad de agua (aw) o humedad relativa (%) a una temperatura (Kº) determinada (89) 63

Tabla 11: Pesos de secado a 40ºC.....69

Tabla 12: Pesos de la muestra a 50ºC 69

Tabla 13: Pesos de secado a 60ºC.....69

Tabla 14: Valores del coeficiente de determinación (R^2) de las tres temperaturas de trabajo. 71

Tabla 15: Humedades de la sangre de pollo deshidratada a las tres temperaturas de secado.....71

Tabla 16: Composición fisicoquímica de la sangre de pollo deshidratada.....72
Tabla 17: Resultados microbiológicos de la sangre de pollo deshidratada 73
Tabla 18: Comparación de las humedades relativas de equilibrio (%) teóricos y experimental en función de las tres temperaturas utilizadas en el experimento. 74
Tabla 19: Humedad en equilibrio promedio (Xe) a las temperaturas de 10ºC, 25ºC y 35ºC. 75
Tabla 20: Valores de humedad de equilibrio X_e (g agua/ g b.s.) experimentales de las muestras de sangre de pollo deshidratado en función de la actividad de agua (aw) a las temperaturas de estudio. 76
Tabla 21: Parámetros de ajuste de las isotermas de adsorción de la sangre de pollo deshidratada para los diferentes modelos matemáticos con sus respectivos coeficientes de determinación (R^2), Error relativo medio (%ERM), Error estándar de humedad (SEM) y varianza, a la temperatura de 10ºC 78
Tabla 22: Parámetros de ajuste de las isotermas de adsorción de la sangre de pollo deshidratada para los diferentes modelos matemáticos con sus respectivos coeficientes de determinación (R^2), Error relativo medio (ERM), Error estándar de humedad (SEM) y varianza, a la temperatura de 25 ºC 79
Tabla 23: Parámetros de ajuste de las isotermas de adsorción de la sangre de pollo deshidratada para los diferentes modelos matemáticos con sus respectivos coeficientes de determinación (R^2), Error relativo medio (ERM), Error estándar de humedad (SEM) y varianza, a la temperatura de 35ºC 80
Tabla 24. ANOVA de la influencia de la temperatura sobre la humedad de equilibrio de la sangre de pollo deshidratada. 91
Tabla 25: Datos estadísticos de Prueba de Friedman.....94
Tabla 26: Comparación de medias de Prueba de Friedman 94
Tabla 27: Preparación de sales de acuerdo al proyecto COST 90.....119
Tabla 28: Pesos de las muestras durante secado a 40ºC.....121

Tabla 29: Pesos de las muestras durante secado a 50ºC.....123
Tabla 30: Pesos de las muestras durante secado a 60ºC.....125
Tabla 31: Registro de pesos de la sangre de pollo deshidratado durante exposición a las sales saturadas a 10ºC.....128
Tabla 32: Registro de pesos de la sangre de pollo deshidratado durante exposición a las sales saturadas a 25ºC.....129
Tabla 33: Registro de pesos de la sangre de pollo deshidratado durante exposición a las sales saturadas a 35ºC.....130
Tabla 34: Humedad en equilibrio de la muestra de sangre de pollo deshidratada a 10ºC. 131
Tabla 35: Humedad en equilibrio de la muestra de sangre de pollo deshidratada a 25ºC. 132
Tabla 36: Humedad en equilibrio de la muestra de sangre de pollo deshidratada a 35ºC. 133

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Velocidad relativa de las reacciones degradativas en función de la actividad de agua (Aw) 35

Figura 2. Curva de secado 37

Figura 3. Fenómeno de Histéresis 39

Figura 4. Zonas de isotermas 41

Figura 5. Tipos de isotermas de acuerdo a la clasificación de S. Brunauer (1940) 42

Figura 6. Influencia de la temperatura en las isotermas de adsorción 45

Figura 7. Muestra de sangre de pollo deshidratado almacenado en bolsa de aluminio 57

Figura 8. Isotermas en estufa a 35ºC 65

Figura 9. Secado en estufa de sangre de pollo deshidratado. 67

Figura 10: Diagrama de Flujo con parámetros óptimos para la obtención de la sangre de pollo deshidratada. 68

Figura 11. Curvas de secado a 40ºC, 50ºC y 60ºC 70

Figura 12. Placas Petrifilm 3M de los análisis microbiológicos realizados a la sangre de pollo deshidratada. 73

Figura 13. Efecto de la temperatura en las isotermas de adsorción de sangre de pollo deshidratado 77

Figura 14. Isoterma de adsorción a las temperaturas de 10, 25 y 35ºC para sangre de pollo deshidratada, obtenida aplicando la ecuación de BET 81

Figura 15. Isoterma de adsorción a las temperaturas de 10, 25 y 35ºC para sangre de pollo deshidratada, obtenida aplicando la ecuación de GAB 82

Figura 16. Isoterma de adsorción a las temperaturas de 10, 25 y 35ºC para sangre de pollo deshidratada, obtenida aplicando la ecuación de HENDERSON 83

Figura 17. Isoterma de adsorción a las temperaturas de 10, 25 y 35ºC para sangre de pollo deshidratada, obtenida aplicando la ecuación de OSWIN 84

Figura 18. Isoterma de adsorción a las temperaturas de 10, 25 y 35ºC para sangre de pollo deshidratada, obtenida aplicando la ecuación de SMITH 85
Figura 19. Isoterma de adsorción a las temperaturas de 10, 25 y 35ºC para sangre de pollo deshidratada, obtenida aplicando la ecuación de HALSEY.....86
Figura 20. Isoterma de adsorción a las temperaturas de 10, 25 y 35ºC para sangre de pollo deshidratada, obtenida aplicando la ecuación de CAURIE 87
Figura 21. Isotermas de adsorción de sangre de pollo deshidratada ajustadas al modelo de GAB, BET y Halsey a 10ºC.....88
Figura 22. Isotermas de adsorción de sangre de pollo deshidratada ajustadas al modelo de GAB, BET y Halsey a 25ºC.....89
Figura 23. Isotermas de adsorción de sangre de pollo deshidratada ajustadas al modelo de GAB, BET y Halsey a 35ºC.....90
Figura 24: Densidades del contraste de la normalidad 92
Figura 25: Homogeneidad de varianza de temperatura sobre la humedad de equilibrio 93
Figura 26: Comparación de medias de temperatura 95
Figura 27: Comparación de medias del experimento.....95
Figura 28: Comparación de medias de Xe Vs aw Vs Tº.....96
Figura 29: Proceso de elaboración de la sangre de pollo deshidrata.....120

I. INTRODUCCIÓN

Durante el almacenamiento, los alimentos deshidratados incrementan su humedad hasta llegar a un límite de aceptación que corresponde a una actividad de agua (aw) crítica, a partir de ello el alimento manifiesta un deterioro que puede ser físico, químico o microbiológico provocando una disminución de su calidad y vida útil [(1)]. La sangre de pollo deshidratada a pesar de ser un producto de baja humedad puede sufrir diversas reacciones de deterioro, pues debido a su naturaleza tiene la capacidad de absorber agua del ambiente, comprometiendo su calidad si no se encuentra en adecuadas condiciones de almacenamiento.

El presente trabajo se realizó con la finalidad de determinar los parámetros de %HR (Humedad relativa) y Tº (Temperatura) de almacenamiento mediante la estimación de las isotermas de adsorción de la sangre de pollo deshidratada a diferentes temperaturas y actividades de agua (aw). Las isotermas de sorción son gráficos que simbolizan el nexo de equilibrio entre el contenido de humedad del alimento y su actividad de agua, a temperatura constante [(2)].

Los diversos esfuerzos realizados por el Estado peruano por superar los niveles de desnutrición y reducir los altos niveles de anemia no han obtenido los resultados esperados, manteniéndose los niveles de anemia casi inalterables [(3)] esto aLa consecuencia de la pobre ingesta de alimentos ricos en hierro, especialmente hierro de buena biodisponibilidad [(4)].

Por tanto, el presente estudio busca aportar dándole uso a un subproducto de la industria avícola que en la mayoría de los casos es desechado y vertido a los desagües lo cual provoca contaminación ambiental teniendo en cuenta el alto contenido de hierro y proteínas que contiene para poder suplir la deficiencia de hierro en los niños y niñas, de esta manera contribuir a la sociedad en la problemática de prevalencia de anemia.

La sangre no utilizada por la industria avícola es vertida a los desagües siendo una fuente importante de contaminación, se estima que un 15% - 20% de la sangre proveniente del beneficio de las aves va a parar a los desagües [5], resultando un problema serio para el medio ambiente, solo en el 2016 en Lima metropolitana se consumió un total de 256,5 millones de unidades de pollo en pie que nos hace un total de casi 11 millones de litros de sangre vertidos al alcantarillado [6], es por ello la importancia de uso de este subproducto de la industria avícola y así poder ayudar tanto a la sociedad como al planeta. Para luego poder desarrollar la fortificación de alimentos para consumo humano que contribuya a suplir las deficiencias alimentarias de hierro de la población a la vez que aumente la disponibilidad de estos nutrientes en forma económica; además de dar una salida económicamente viable, rápida y adecuada a este subproducto que actualmente es descartado perdiéndose hierro altamente biodisponible, proteínas y otros minerales.

El escaso conocimiento de la importancia de la temperatura y la actividad de agua así como la humedad relativa del ambiente en donde se almacena los alimentos provoca la pérdida de grandes cantidades de producto por no encontrarse en las condiciones óptimas de temperatura y HR%. Según Rodríguez [7], la comprensión de la relación de la actividad de agua (aw) y el contenido de humedad en equilibrio de los productos alimenticios es uno de los medios más apropiados para el estudio de la influencia de la humedad relativa y la temperatura en los alimentos, pues permite establecer las condiciones ideales para su conservación.

Con la estimación de las isotermas de adsorción de la sangre de pollo deshidratado realizado en el presente trabajo, conoceremos las condiciones óptimas tanto de temperatura como de HR% para su mejor conservación evitando cambios en sus propiedades físicas, químicas o microbiológicas pues a mayor temperatura y humedad mayor actividad microbiana, conociendo los parámetros de temperatura y HR% para su almacenamiento se lograra por tanto un mayor tiempo de vida útil del producto para su posterior uso.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general:

- Establecer la relación entre la actividad de agua (aw) y humedad de equilibrio (Xe) mediante modelos matematicos a diferentes temperaturas (Tº) y caracterizar la sangre de pollo (*Gallus domesticus*) deshidratada.

2.2. Objetivo específicos:

- Obtener la sangre de pollo deshidratada de uso alimenticio y caracterizarla mediante analisis proximal, contenido de hierro y análisis microbiológico.
- Estimar las isotermas de adsorción de la sangre de pollo deshidratada mediante los modelos matemáticos de GAB (de Guggenheim-Anderson-DeBOER), BET (de Brunauer, Emmett y Teller), Henderson, Smith, Halsey, Caurie y Oswin, a las temperaturas de 10ºC, 25ºC Y 35ºC.

III. HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis general:

- Es posible establecer la relación entre la actividad de agua (aw) y humedad de equilibrio (Xe) mediante modelos matematicos a diferentes temperaturas (Tº) y caracterizar la sangre de pollo (*Gallus domesticus*) deshidratada

IV. GENERALIDADES

4.1. Antecedentes de la investigación

Clemente, 2003 [8] estudió el efecto de la contracción en la cinética de secado de músculos de jamón, para lo cual como primer paso estudio el equilibrio agua, aire y alimento. Clemente trabajo a cuatro temperaturas (40, 35, 30 y 25ºC) de donde determino experimentalmente las isotermas de adsorción de la carne de músculo de jamón, los resultados experimentales se modelaron utilizando modelos matemáticos (Halsey, Oswin, GAB, Henderson y BET). El ajuste fue óptimo para todos los modelos matemáticos, sin embargo el modelo de GAB fue el que ajustó en todo el rango de actividades de agua estudiados, en todo el rango de temperaturas el ERM fue menor al 6%, excepto para la de 30ºC que alcanzó un valor de 8.42%.

Agustinelli, 2014 [9] realizó un estudio del proceso de ahumado frío de filetes de caballa con evaluación y modelado de los parámetro tecnológicos, para poder estimar los tiempos necesarios del alimento a deshidratar dentro del horno a condiciones establecidas de humedad y temperatura utilizó isotermas de adsorción, realizando ajustes con los modelos matemáticos de Smith, Halsey y Oswin de los cuales los modelos de Halsey y Oswin fueron estadísticamente significativos con un nivel de confianza $p<0.05$ para las temperaturas en las que se realizaron los estudios; así mismo el R^2 obtenidos para el modelo de Oswin ($0.826<R^2>0.957$) y de Halsey ($0.817<R^2>0.978$) indicaron que cualquiera de las 2 ecuaciones son convenientes para ajustar las isotermas de adsorción.

Gonzales, 2014 [10] determinó las isotermas de adsorción en jamón de cerdo cocido almacenado a 4º, 8º y 12 ºC usando seis modelos matemáticos (Brunauer, Emmett y Teller (BET), Guggenheim Anderson de Boer (GAB), Oswin, Henderson, Smith y Caurie) comúnmente aplicados a la industria de alimentos, en un rango de aw entre 0.123 hasta 0.958, la calidad del ajuste fue evaluada con el error relativo medio (%ERM) y la suma de errores cuadrados (SEE), donde se observó que los modelos propuestos por GAB, BET y Oswin tuvieron el mejor ajuste a los datos experimentales a las tres temperaturas de almacenamiento y fueron los más apropiados para representar la relación entre la actividad de agua (aw) y el contenido de humedad en base seca, los cuales no presentaron diferencias significativas a un intervalo de confianza del 95%.

Ponwiboon, 2016 [11] estudió las isotermas y características de secado en láminas de pescado preparadas a partir de tilapias del Nilo en diversas condiciones. Las isotermas de las muestras de pescado se determinaron a 25ºC, 30ºC y 50ºC un rango de aw 0.33-0.96. Los datos experimentales fueron ajustados a cinco ecuaciones isotérmicas de sorción (Halsey modificado, Oswin modificado, Henderson modificado, Chung-Pfost modificado y Mujica). En experimentos de secado por convección, las muestras de lámina de pescado se secaron en una sola capa a 50ºC, 60ºC y 70ºC . Los datos del secado experimental fueron ajustaron a los modelos de Newton, Page, Henderson y Pabis. Las isotermas de desorción de la tilapia del Nilo se comportaron como un tipo II en la clasificación BET y tenían una forma sigmoidea. En cualquier contenido de humedad dado, el valor de la muestra aumentó al aumentar la temperatura. El Oswin modificado dio el mejor ajuste a los datos de desorción experimental.

4.2. Marco teórico

4.2.1. Sangre de Pollo

La sangre es un fluido corporal de color rojo escarlata de consistencia viscosa contiene glóbulos rojos y blancos suspendidos en un líquido claro y amarillento llamado plasma [12] localizado en el sistema circulatorio del organismo animal, es un subproducto que se obtiene de la actividad del beneficio del ave en la industria avicola, siendo una fuente rica en hierro y proteínas de alta calidad nutricional [13].

El responsable del color rojo escarlata de la sangre es el átomo de hierro que se encuentra en el centro del grupo prostético hemínico que contiene la hemoglobina. El grupo hemínico está ligado a las cadenas de globulinas por enlaces no covalentes y existe un equilibrio entre heme libre y ligado [14].

En el 2010, sólo el 30% del total de sangre producida en los mataderos fue usado como ingrediente de alimentos [15] , la manera de consumir la sangre es como morcilla y/o rellenos, que se obtienen a partir de cocinar la sangre pero con un corto tiempo de vida útil y no de manera industrial sino más bien artesanal.

4.2.1.1. Composición de la sangre de pollo

La tabla siguiente muestra el contenido nutricional de la sangre de pollo cruda en 100 g, según Tabla de composición de alimentos (MINSA) [16]:

Tabla 1: Composición nutricional de sangre de pollo

COMPONENTES	CANTIDAD
Energía (Kcal)	65
Proteínas (g)	15
Grasa (g)	0,1
Calcio (mg)	12
Hierro (mg)	27,5
Fosforo (mg)	101

Fuente: Tabla de composición de alimentos – MINSA (2009).

4.2.1.2. Consumo en la industria avícola en los últimos años

La industria avícola mantiene un dinamismo continuo en los últimos años. Así la venta de aves en pie (pollos, gallos, gallinas, pavos y patos) fue de 260 millones de aves para el 2017, que en peso hacen un total de 732 405 t., número superior en 0,6% en relación a la masa ofertada en el 2016 [6], cabe mencionar que la especie del pollo representa cerca del 93% de la población de estas aves. En el 2017 la venta de pollo vivo fue de un total de 250,1 millones, cantidad menor en 2,5% con relación al 2016; con un total de 700,4 mil toneladas, cifra mayor en 0.3% en correspondencia con la cantidad ofertada el año anterior [6] [17].

4.2.1.3. Principales residuos de la industria avícola

La sangre, plumas y grasas son los principales residuos que se producen durante la fase del beneficio de pollos. En el beneficio el desangrado rinde de 40% a 60% de la sangre total del animal, siendo que el restante queda retenido en los capilares y órganos [18]. En un estudio realizado por Gomez [19], se encontró que en la fase de beneficio por cada 5 000 pollos se producen 210 litros de sangre. La venta de pollo en pie en el 2016 solo en Lima metropolitana fue un total de 256,5 millones de unidades con un peso total de 698,3 mil t. [17], lo que hace un total de casi 11 millones de litros de sangre obtenidas durante el beneficio que en su mayoría son vertidos al desagüe, resultando un serio problema de contaminación para el medio ambiente.

Las aguas residuales de la industria avícola contienen elevadas concentraciones de materia orgánica, grasas, solidos suspendidos, nitrógeno y fosforo. Su flujo y composición habitualmente varían dependiendo del tamaño de las instalaciones, proceso industrial, eficiencia de recolección de sangre, número de animales sacrificados, consumo de agua por ave sacrificada, subproductos y manejo de agua en el proceso industrial [20]. De lo expuesto, en nuestro país es muy recurrente

que la mayor parte de la sangre de pollo proveniente del beneficio sea vertido a los desagües, originado un problema de contaminación ambiental.

4.2.1.4. Contaminación ambiental por residuos de la industria avícola

Las principales fuentes generadoras de residuos líquidos en la industria avícola son las aguas de lavado y las corrientes provenientes de los procesos de desangrado (sangre, estiércol, plumas, grasas, etc.) [(21)]. La sangre es uno de los principales contaminantes de la industria avícola, ya que aporta una DQO (Demanda química de oxigeno) alta y una cantidad elevada de nitrógeno, provocando un alto impacto ambiental en cuerpos receptores [(5)]. Se calcula que de la sangre obtenida por la industria avícola en el beneficio el 15% - 20% es vertido a los desagües siendo una fuente importante contaminación [(5)]. En las superficies de los desagües y sumideros la sangre cuajada se adhiere produciendo malos olores y favoreciendo la proliferación de moscas [(21)].

4.2.1.5. Sangre de pollo deshidratada

La sangre de pollo deshidratada se obtiene por el secado de la sangre, es un producto de alto contenido proteico, coeficiente de digestibilidad de 84% [(22)], de buena biodisponibilidad por contener hierro Hemo y sobre todo alto contenido de hierro. De tal manera que la sangre animal señala una alternativa para combatir la deficiencia nutricional de hierro, y por consiguiente la anemia ferropénica [(23)].

Tabla 2: Coeficiente de digestibilidad según especie (%)

ESPECIE	Aves	Rumiantes	Porcinos
PORCENTAJE (%)	84	87	85

Fuente: FEDNA (2015).

La manera más adecuada para procesar la sangre en la industria de alimentos es obteniendo un producto deshidratado. La deshidratación reduce el contenido de humedad de 90% hasta 4% a 10%. Con el proceso de deshidratado se logra optimizar

la estabilidad microbiana y el sabor durante el almacenamiento, además que es más económico para el transporte [24].

4.2.2. El agua (H_2O)

El agua (H_2O) es una molécula formada por dos átomos de hidrogeno y un átomo de oxígeno unidos mediante enlace covalente (H-O) su distribución espacial semeja a un tetraedro por lo cual su interacción con los alimentos debe concebirse como una estructura tridimensional [25]. El agua es fundamental para los procesos de los seres vivos y es una de las sustancias más abundantes en el planeta. El 70% del cuerpo humano es agua, sirve de transporte en la sangre y es el primordial responsable del sistema termorregulador del organismo conservando la temperatura corporal constante; el organismo pierde agua continuamente por la orina, el sudor, las heces y la respiración [26].

4.2.2.1. Agua en los alimentos

La molécula de agua tiene como propiedad mostrar una diferencia de cargas negativas (encima del átomo de oxigeno) y positivas (sobre átomos de hidrogeno) que le admite interactuar con moléculas que presentan particularidades iguales, la más importante de estas uniones intermoleculares es la llamada unión puente de hidrogeno que condicionan el comportamiento de los alimentos, pues gracias a sus grupos hidrofilicos diversos únicamente no se induce en el agua sino también en hidratos de carbono, las proteínas o cualquier sustancia que presentan características polares [27].

La fuente más significativa de agua es el consumo de líquidos pero también se obtiene de distintos alimentos, siendo el agua el principal componente de muchos de ellos como en los vegetales 90%, la leche 87%, los huevos y carnes 74%, las galletas 5% [28] (Tabla 3).

Tabla 3: Contenido de agua de algunos alimentos

Alimento	Agua (%)
Coliflor, espárrago, lechuga	95
Zanahoria, brócoli,	90
Durazno, naranja, manzana,	88
Leche	87
Pera, papa	80
Pollo, huevo	74
Carne de cerdo, helado	60
Carne de res	70
Queso	45
Pan	40
Chocolate	2
Galletas	5
Mantequilla	16

Fuente: (Badui, 2006).

4.2.2.2. Afinidad del agua en los alimentos

La cantidad, localización y orientación del agua, intervienen profundamente en el aspecto, estructura y sabor de los alimentos y en su susceptibilidad a la alteración microbiológica y fisicoquímica, se requieren métodos eficaces de conservación si se desea el almacenamiento a largo plazo de alimentos que contienen altas cantidades de agua [(29)].

Por ello la importancia de conocer el grado de disponibilidad del agua en el alimento, esta interacción agua - soluto se dividen en:

- **Agua ligada** llamada también agua no congelable, podemos definirla como el agua que está fuertemente enlazada en la estructura de los enlaces hidrofílicos propios del

alimento, además presenta una menor presión de vapor, menor movilidad y difusión por lo tanto no está disponible [29].

Según Stechina citado por Martínez (2015) [30] el agua ligada puede hallarse como:

a) Capa Monomolecular, esta capa está ligada fuertemente a grupos polares del sustrato a través de puentes de hidrogeno (polisacáridos, proteínas, etc.) esto expresa que el agua en esta región no está disponible como solvente.

b) Capas multimoleculares, unida por enlaces puentes de hidrogeno a la capa monomolecular.

- **Agua libre** también llamada agua congelable se volatiliza fácilmente, se pierde en el calentamiento, se congela primero y es la principal responsable de la actividad de agua y por ende se encuentra disponible para el crecimiento de los microorganismos [28].

4.2.3. Actividad de agua (aw)

El concepto de actividad de agua (aw) aplicado a los alimentos fue introducido por primera vez en 1953 por el microbiólogo Australiano Scott W.L. y hoy en día se considera junto con la temperatura uno de los parámetros más significativos que intervienen en las reacciones de deterioro de los alimentos [31].

En 1979 las reglamentaciones del FDA añadieron indicando que "La actividad de agua (aw) será calificada segura si se indica por los mecanismos adecuados para ello que a dicha aw no hay desarrollo de microrganismos en los alimentos" [32].

Según Comaposada *et al* (33) la actividad de agua representa la disponibilidad de agua en el alimento para que puedan darse reacciones bioquímicas y químicas tales como reacciones enzimáticas, reacción de Maillard, oxidación de lípidos y sobretodo crecimiento microbiano, es por ello de gran importancia su conocimiento para pronosticar la vida útil de los alimentos.

Según Pawkit [34], la actividad de agua representa lo fuertemente que se encuentra unida el agua (químicamente o estructuralmente) a una sustancia. Es un parámetro intrínseco muy relacionado con la humedad del alimento; además la disminución de la actividad de agua interrumpe el desarrollo de microorganismos, las reacciones enzimáticas (especialmente por hidrolasas) y el pardeamiento no enzimático. La singularidad la compone el auto oxidación de los lípidos cuya velocidad se acrecienta en el alimento seco [35].

Curiel, señaló que la aw es capaz de influir en el sabor, color, olor, vida útil y textura de la mayoría de productos alimenticios, presagia la estabilidad con relación al crecimiento microbiano, además es el principal indicador del deterioro de un alimento [36].

Así mismo se ha notado que distintos tipos de alimentos se diferencian significativamente en su tiempo de vida útil y en su preservación de características presentando la misma cantidad de agua, por tanto se deduce que por sí sola la cantidad de agua no es un indicador de estabilidad real [29] y es la actividad de agua quien gobierna el crecimiento microbiano en los alimentos [37].

"El concepto de actividad de agua (aw) se define como la relación existente entre la presión de vapor de agua de un sistema y la presión de vapor de agua pura a una temperatura igual" [38] o bien del aire que envuelve el sistema en un entorno cerrado una vez alcanzado el equilibrio a la misma temperatura constante la humedad relativa en equilibrio en tantos por uno será igual a la aw, como consecuencia el alimento no perderá ni ganara humedad [39] .

Si se considera solutos en muy reducida concentración con una solución ideal de las que no existen muchas en alimentos, este término puede enunciarse de la manera siguiente:

$$\text{aw} = \frac{f}{fo} = \frac{p}{Po} = \frac{\%HR}{100}$$

Donde:

P: Presión de vapor del agua contenida en el alimento

P/Po: presión de vapor relativa

fo: fugacidad del disolvente puro

HR: humedad relativa

f: fugacidad del disolvente de la solución

P_o: Presión del vapor del agua pura

Según Badui citado por Becerra [40] termodinámicamente, la capacidad que tiene un líquido a disgregarse de una solución es definida como fugacidad, en facultad de que el vapor de agua actúa como un gas ideal [28]. De acuerdo con esto se define el concepto de actividad de agua (aw) a la relación existente entre la presión de vapor de agua pura y la presión de vapor en un sistema a la misma temperatura o bien la humedad relativa en tantos por uno del aire que envuelve el sistema en un entorno cerrado una vez alcanzado el equilibrio a la misma temperatura constante [41].

De este modo a efectos prácticos interesa conocer el coeficiente de fugacidad:

$$ø = \frac{f}{P} \qquad \text{(Ecuación 1)}$$

Donde f representa la fugacidad y P la presión. En un sistema alimentario, tomando como unidad la fugacidad molecular del agua líquida pura (f_o) al estado de vapor, a una temperatura y presión determinadas, la fugacidad de las moléculas de agua a la misma presión y temperatura de una solución acuosa o alimento (f) [42] será una fracción de unidad:

(Ecuación 2)

$$aw = \frac{f}{fo}$$

En teoría las moléculas con mayor f (con suficiente energía por encima de un valor crítico necesario para vencer a la tensión superficial o interfacial) serían, en número suficiente, las únicas determinantes del "potencial del agua" o "actividad" de G.N. Lewis [42].

Para explicar con mayor detalle se sabe que la "actividad" proviene estrechamente de las leyes de equilibrio termodinámico de Lewis G.N. pues muchas soluciones líquidas y mezclas gaseosas reales de interés práctico no cumplían con la regla de Lewis es por ello que para corregir este comportamiento se empleó un factor de corrección llamado coeficiente de actividad [43], la actividad de un componente *i* en una mezcla se define como:

$$xi = \frac{fi}{fo} \qquad \text{(Ecuación 3)}$$

De donde fi es la fugacidad del componente i en su estado normal o de referencia, fo fugacidad del disolvente puro y xi representa la fracción molar en fase líquida.

Además, según la Ley de Raoult:

$$P = xP^o \qquad \text{(Ecuación 4)}$$

Donde P^o es la presión de vapor del disolvente puro, "x" es la fracción molar del líquido y P es la presión de vapor del disolvente en la solución [44].

La ley de Raoult y el coeficiente de actividad pueden ser utilizadas en el agua líquida de un alimento para que de manera independiente calcula la actividad de agua, si se

asume que la fase vapor se comporta como un gas ideal es decir sólo se aplican estrictamente a soluciones de equilibrio termodinámico y en condiciones ideales [45]. A presiones bajas (por ej., ambiente), la divergencia entre f/f_o y p/p_o es menor del 1%, por lo que la enunciación de la aw en términos de p/p_o es claramente justificable.

4.2.3.1. Factores que afectan a la actividad de agua (aw).

La temperatura realiza una influencia importante sobre la aw de un alimento, ya que perturba el equilibrio dinámico y la oscilación de las moléculas de agua [41]. Mediante la ecuación de Clasius – Clapeyron (ecuación 5) se establece la relación entre la manera en que el agua reacciona con el alimento en comparación con la temperatura [46] [47]. Si la aw continua invariable un aumento de la temperatura muestra que el alimento se torna poco higroscópico ya que se ocasiona un declive en el conjunto de agua absorbida, por tal motivo un aumento en la temperatura simboliza un estado no propicio para la sorción de agua[48].

$$Qst = -R \frac{\ln (aw)}{1/T} \qquad \text{(Ecuación 5)}$$

Donde:

aw: Actividad de agua

R: Constante de gases (1.987 cal/mol K)

Qs: Calor de adsorción

La presión es otro de los factores que influyen en la aw el intercambio de humedad entre el alimento y el ambiente circundante obedece a las leyes que gobiernan la dinámica de fluidos y más concretamente a los gases de alta comprensibilidad. Lo mencionado se traduce en que una modificación de la presión cambiará la fugacidad de las moléculas de agua modificándose por consiguiente el cociente p/p_o, y por ende

la aw, recordemos que la fugacidad (f) es la medida de la tendencia de un líquido de escaparse de una solución es decir la tendencia de una sustancia de preferir una fase ya sea líquida, sólida o gas frente a otra. A una presión y temperatura fija (f se incrementa con la temperatura y reduce con la presión absoluta) el agua tendrá una fugacidad diferente para cada fase, aquella fase con la menor fugacidad será la más favorable [42].

Se sabe que el estado físico incluyendo la composición química de los componentes y la aw de un alimento está estrechamente relacionado. Así por ejemplo, los almidones y las proteínas absorben mayor cantidad de agua a menores aw que los productos grasos; además en el caso de alimentos que poseen estructuras porosas hay que considerar diferentes fenómenos físicos como capilaridad y tensión superficial [47].

La presentación de solutos disueltos tiene un gran dominio en la aw de un alimento determinado esto es muy evidente en los alimentos salazonados en las conservas de frutas mediante la adición de azucares como mermeladas y compotas y en los ahumados [33] en los productos ahumados la conservación es más estable pues la exposición al humo origina en el alimento una deposición superficial de compuestos fenólicos procedentes de la combustión que ofrecen un efecto bacteriostático, además que la aw se ve reducida por la eliminación parcial del agua en el alimento cuando el ahumado es en caliente.

4.2.3.2. Relación de la actividad de agua y el desarrollo de microorganismos

Está confirmado que la aw es un elemento primordial para el desarrollo de microorganismos, resistencia al calor de los microorganismos y producción de toxinas. La aw para la mayoría de las bacterias patógenas es una medida que constituye el inicio y el final de su crecimiento, esta parada del desarrollo del microorganismo no suele llevar relacionada la muerte del mismo sino que éste se

conserva en circunstancias de resistencia alrededor de un periodo más o menos largo [49]. Así pues se conoce que:

aw: 1 – 0,95 pueden desarrollarse casi todos los microrganismos patógenos, presencia de alteraciones en el alimento además de toxiinfecciones alimentarias, entre los alimentos más susceptibles podemos mencionar el pescado fresco, la carne, las frutas o verduras frescas, entre otras [49]

aw: 0,95 – 0,91 hay contraste muy mínimo con el anterior, los alimentos más susceptibles son las carnes curadas, quesos de corta duración, embutidos fermentados o cocidos.

aw: 0,91 – 0,80 la cantidad de microrganismos patógenos reduce de tiempo que la aw también lo hace, a este nivel crecen la mayoría de los mohos y levaduras. La única bacteria que se desarrolla a este nivel es el *S. aureus*, cuya presencia puede dar lugar a toxiinfecciones alimentarias [49].

aw: 0,80 – 0,60, las bacterias ya no logran desarrollarse en este periodo, si se origina alguna contaminación en el alimento es a causa de algunos microrganismos muy resistentes a una baja aw, los denominados osmófilos o halófilos, mohos xerofílicos y levaduras osmofílicas.

aw: <0,60, no hay crecimiento microbiano y por ende no hay peligro de formación de micotoxinas pero si puede haber presencia de microrganismos en forma de esporas. Por tanto, el almacenamiento a aw inferiores a 0,6 protege a los alimentos de las reacciones de degradación puesto que no solo paraliza el metabolismo bacteriano sino que además inactiva a las enzimas del alimento [38] [49].

Tabla 4: Potencial para el desarrollo microbiano en alimentos a diferentes aw.

	Microorganismos generalmente inhibidos por mínima aw del intervalo	***Alimentos generalmente dentro de este intervalo de aw***
1,00-0,95	*Escherichia, Clostrium perfringes, Proteus, Pseudomonas, Bacillus, Shigella, Klebsiella, algunas levaduras*.	Alimentos inmensamente perecederos (frescos), carne, hortalizas, pescado, frutas, y leche enlatados; panes y salchichas cocidas; alimentos que contienen hasta 7% (p/p) de cloruro sodico 40% de sacarosa.
0,95-0,91	*C. botulinum, Vibrio parahaemolyticus, Salmonella, Serratia, Lactobacillus, algunos mohos, levaduras (Rhodotorulla, Pichia).*	Carnes curadas, quesos (Muenster, Suizo, Provolone, Cheddar), jamón, concentrados de zumo de frutas, alimentos con 12% (p/p) de cloruro sodico o 55% de sacarosa.
0,91-0,87	Muchas levaduras *(Candida, Torulopsis, Hansenula, Micrococcus).*	Embutidos fermentados (salami), quesos secos, margarina, alimentos que contienen hasta un 15 % (p/p) de cloruro sódico o saturados de sacarosa (65%).
0,87-0,8	Mohos (*Penicilios micotoxigénicos), Staphylococcus*, *Sacharomiyces (baili) spp, Debaryomys*),	Jarabes de arce y fruta, la zumos concentrados de fruta, jarabe de chocolate, harina, arroz, leche condensada,legumbres con el contenido de humedad de 15-17%, jamón estilo campestre, dulces de caramelo.

0,80-0,75	Aspergilos micotoxigénicos, la mayoría de las bacterias halofilicas.	Confitura, mermelada, mazapan, frutas glazeadas, algunas confites (nubes).
0,75-0,65	Saccharomyces bisporus, Mohos xerofilos (*A. candidus, Aspergillus chevalieri, Wallemia sebi*)	Hojuelas de avenas del 10% de contenido en humedad; algunas frutas desecadas, turrones granulados, dulce de azúcar, confites, azúcar de caña, gelatina, frutos secos.
0,65-0,60	Levaduras osmofilicas (*Sacharomyces rouxi*), mohos (*Monascus bisporus, Aspergillus echinulatus*).	Frutas secas con humedad del 15-20%, arropias y caramelos, miel.
0,60-0,50	Sin proliferación	Pastas con un contenido de humedad del 12%, especias con un contenido de humedad del 10%.
0,50-0,40	Sin proliferación	Huevos en polvo al 5% de humedad.
0,40-0,30	Sin proliferación	Bizcochos, galletas, cortezas de pan con 3 - 5 % de humedad.
0,30-0,20	Sin proliferación	Leche entera en polvo con 2 – 3 % de humedad; hortalizas y copos de maíz desecado con 5% de humedad; bizcochos y galletas estilo campestre.

FUENTE: Beuchat (1981).

Hasta el momento queda claro que la estabilidad de los alimentos y la actividad del agua están estrechamente relacionados es por esto que la actividad de agua es una medida muy importante para predecir la vida útil del alimento [50], además que la modificación de la aw es una práctica muy habitual especialmente en la industria para evitar el desarrollo de microorganismos patógenos y productores de toxinas ahí su importancia y relación con la Seguridad Alimentaria, es por ello que es considerado

como un punto crítico en los Análisis de Riesgos y Control de Puntos Críticos (HACCP, de las siglas en inglés) [51].

En el mapa de estabilidad propuesto por Labuza [52], se abrevia los cambios que ocurren en los alimentos con respecto a la actividad de agua, estos cambios conciernen al oscurecimiento no enzimático, reacciones enzimáticas, oxidación de lípidos y crecimiento microbiano.

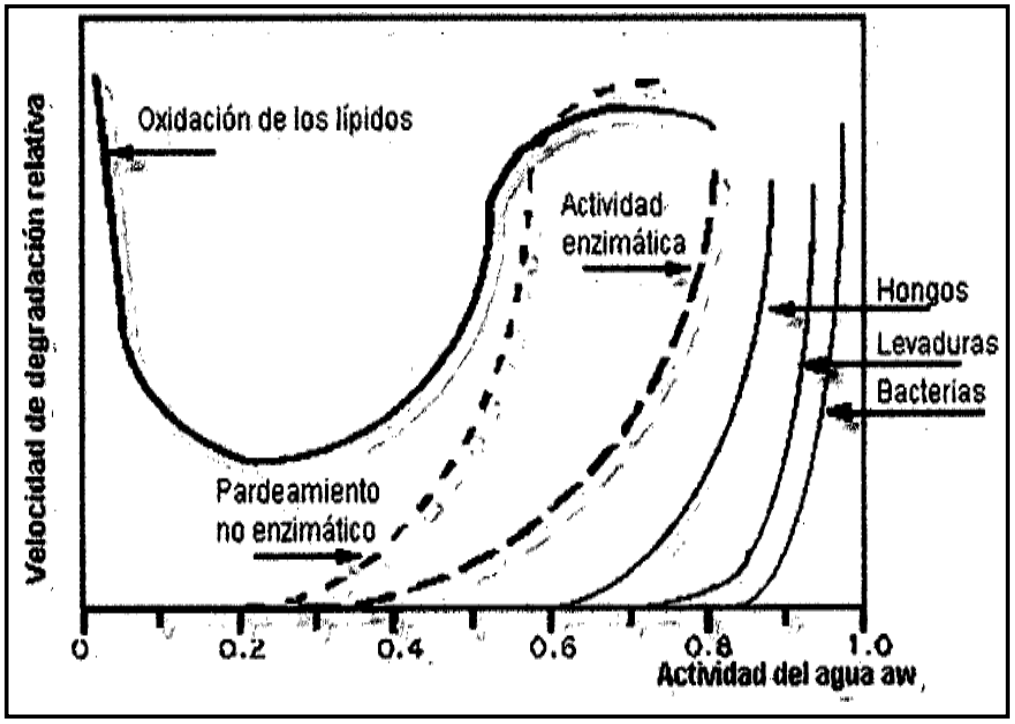

Figura 1. Velocidad degradativa en función de la actividad de agua (Aw).

Fuente: Labuza, (1971).

4.2.4. Secado

El secado es un proceso de conservación del alimentos utilizada desde la antigüedad [53] en este proceso se transfiere calor mediante el cual un producto de estado inicial húmedo pasa a otro final menos húmedo, donde el aire es el medio más utilizado para efectuar dicho proceso, el agua se elimina casi completamente bajo ciertas condiciones de temperatura, humedad relativa y velocidad del aire

debidamente controladas [54] hasta que solo contenga humedad que permita almacenarla durante un periodo largo en condiciones ambientales y sin que sus propiedades organolépticas y nutricionales se pierdan [55] está demostrado que los alimentos con un contenido alto de humedad son aquellos que perecen con mayor facilidad. El secado se realiza con el fin de interrumpir o reducir el incremento de microorganismos perjudiciales y reacciones químicas que perjudicaran al alimento y aceleraran su deterioro; además que se reduce el coste de embalaje, almacenamiento y transporte [56].

4.2.4.1. Curva de secado

La curva de secado es el grafico que relaciona el contenido de humedad con el tiempo transcurrido desde que se inicia el proceso de secado.

Gráficamente se representa bajo regiones como [29]:

Región AB: Periodo de calentamiento

Es en esta etapa donde la masa del alimento reduce solamente un poco y la pendiente de la curva crece ligeramente como consecuencia de la pobre contribución del calor a la evaporación del agua.

Región BC: Periodo de velocidad constante

En esta etapa sucede casi por completo la parte del proceso de secado y el tiempo es directamente proporcional con la pérdida de humedad.

Región CE: Periodo de velocidad decreciente

En estas etapas (CD y DE) la humedad reduce con menor rapidez que la región BC para aumentos de tiempos iguales.

A continuación se muestra la gráfica de la curva de secado, según Fito [53].

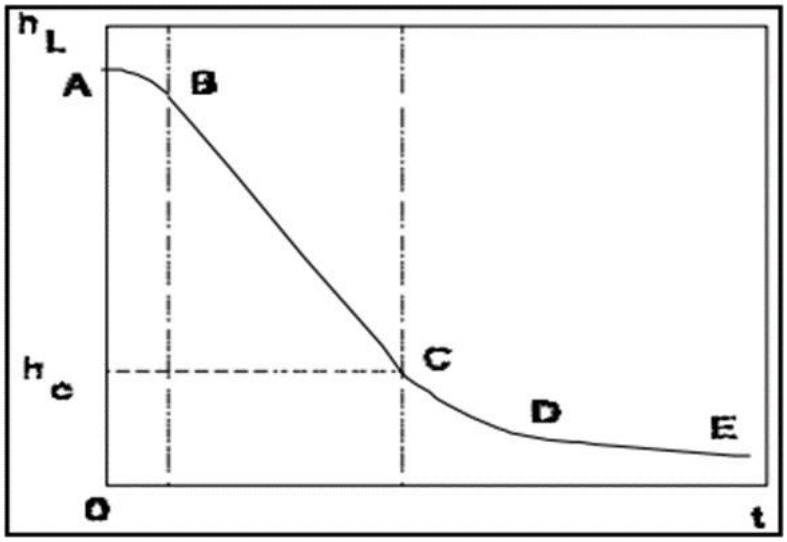

Figura 2. Curva de secado

Fuente: Fito *et al.*, (2016).

4.2.5. Isotermas

4.2.5.1. Definición

Las isotermas de sorción de humedad son la relación entre el contenido de humedad en el equilibrio (masa de agua por unidad en base seca) y la actividad de agua del alimento [52] se representan habitualmente en forma de representaciones gráficas que relacionan la actividad de agua y el contenido de agua en base seca que ocupa el eje de las abscisas y el eje de las ordenadas respectivamente [29] generándose mayormente curvas sigmoides [57]. Están relacionadas con la cinética de perdida y/o ganancia de humedad que puede experimentar el alimento en distintas condiciones de humedad relativa [28]. Las isotermas de sorción pueden obtenerse en dos direcciones: desorción y adsorción. Se logra la isoterma de adsorción cuando un producto seco por completo es colocado a diferentes atmosferas variando la humedad relativa, bajo las mismas condiciones de temperatura y midiendo el aumento de peso debido a la ganancia de agua. Para el segundo caso, en la isoterma de desorción el producto inicialmente húmedo es colocado a distintas aw y

dependiendo de la aw, la humedad de equilibrio disminuye en la medida en que éste cede agua al sistema, siendo medida la disminución de peso [58]. Esto significa que la adsorción es un proceso exotérmico mientras que la desorción es endotérmica.

4.2.5.2. Adsorción

Según Mysels mencionado por Gutiérrez [59], se trata de un fenómeno físico-químico por el cual un elemento ya sea líquido, sólido o gaseoso ha pasado a adherirse a la superficie de un producto ya sea un sólido o de un líquido, con el cual puede reaccionar (adsorción química) o sólo condensarse (adsorción física).

La adsorción química implica transferencia de electrones entre el adsorbente y el adsorbato característica clásica de una reacción química. En cambio, la adsorción física es causada por fuerzas atractivas de Van der Waals entre moléculas polares (dipolos) o también dentro de una situación de inducción dipolar. Esta adsorción es de carácter similar a la condensación de moléculas de vapor sobre un líquido de la misma composición. Para el caso de los alimentos la adsorción es de tipo físico, es decir se trata de una adsorción del vapor de agua por los alimentos, según Satterfield, 1991, citado por Viccina [60].

4.2.5.3. Histéresis

La isoterma de adsorción generalmente no se superpone a la de desorción, este fenómeno es denominado como histéresis. La histéresis es la diferencia entre las dos curvas. Para un valor de aw durante el proceso de desorción, el contenido de humedad de la muestra es mayor que para el de adsorción [61]. La intensidad de la histéresis, la forma de las curvas, puntos iniciales y finales del asa de histéresis puede variar en función de componentes como la naturaleza del alimento, cambios físicos-químicos que el alimento sufre en el proceso de secado e hidratación, cantidad de agua eliminada durante la desorción, condensación capilar, impurezas en las

superficies [52] [31] pero lo más importante es la temperatura (la histéresis se hace más evidente a bajas temperaturas y se observa generalmente en productos altamente higroscópicos, segun Heldman y Lund citado por Choque [31]. El resultado de la histéresis en los alimentos manifiesta una medida del problema de movimiento del agua como consecuencia de la modificación conformacional y estructural del alimento, ya que perturba la accesibilidad de los puntos de sorción que son enérgicamente beneficiosos. Por consiguiente, este fenómeno puede usarse como índice de la calidad de un alimento, ya que una mayor y menor histéresis muestra una menor y mayor estabilidad respectivamente durante el proceso de almacenamiento de los alimentos, según Wolf *et al*. citado por Martin [62].

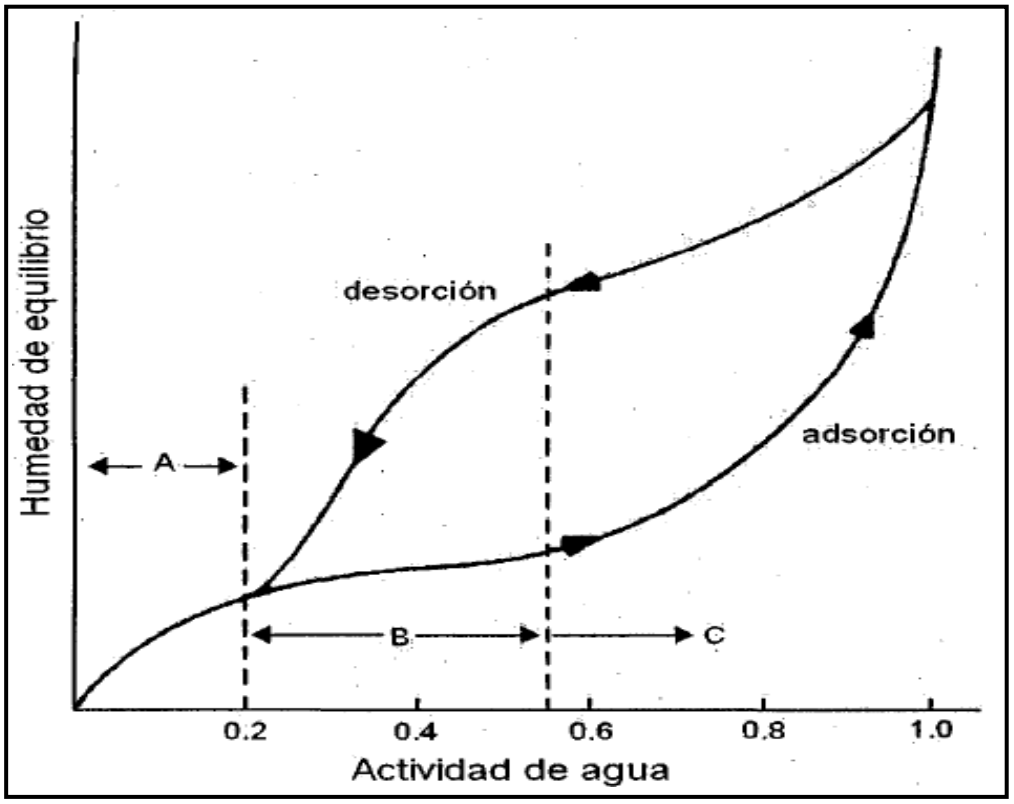

Figura 3. Fenómeno de Histéresis

Fuente: Badui, 2006.

4.2.5.4. Zonas de isotermas

Fennema [2], menciona que para comprender la importante y beneficio de las isotermas de sorción, lo mejor es dividirlas en zonas:

- Zona I: El agua presente en la zona I corresponde desde 0 – 0,25 aw, mencionado por Jamieson y Jobber, citado por Gutiérrez [59], además de Cheftel y Cheftel citado por Huamán (2016) [63] mencionan que esta zona es denominada agua fuertemente ligada, pues reportan que la energía de adsorción del agua de esta monocapa es de 1 a 15 Kcal/mol, lo que significa que el agua que se encuentra en esta capa sea muy complicada de eliminar y por lo tanto no se encuentra disponible para proceder como disolvente. Esta agua es absorbida a sitios polares asequibles por interacciones agua – ion o agua – dipolo.
- Zona II: Esta zona según Jamieson y Jobber citado por Gutiérrez [59], se encuentra en el rango de 0,25 – 0,75 aw. Se denominada a esta zona agua débilmente ligada. En la zona II de la isoterma el agua se compone de la zona I más el agua añadida (procedimiento de resorción) confinada de la zona II, el agua agregada de la zona II utiliza los sitios restantes de la capa principal y muchas otras capas agregadas en torno a los grupo hidrofílicos del sólido designándosele como agua multicapa, el agua multicapa se relaciona con las moléculas colindantes por enlaces puente hidrogeno [2].

- Zona III: El agua de esta zona consta del agua de la zona I y la zona II más el agua añadida (procedimiento de resorción) dentro de los límites de la zona III, esta agua es denominada agua en capilares o agua libre [64]. Según Jamieson y Jobber citado por Gutiérrez [59] esta zona se encuentra en el rango de 0,75 – 0,99 aw. El agua añadida de la zona III es el agua más inmóvil (molecularmente) y ligada menos fuertemente de los alimentos, es disponible como solvente y suficientemente abundante y normal como para permitir que las reacciones químicas y el crecimiento microbiano ocurra rápidamente [2].

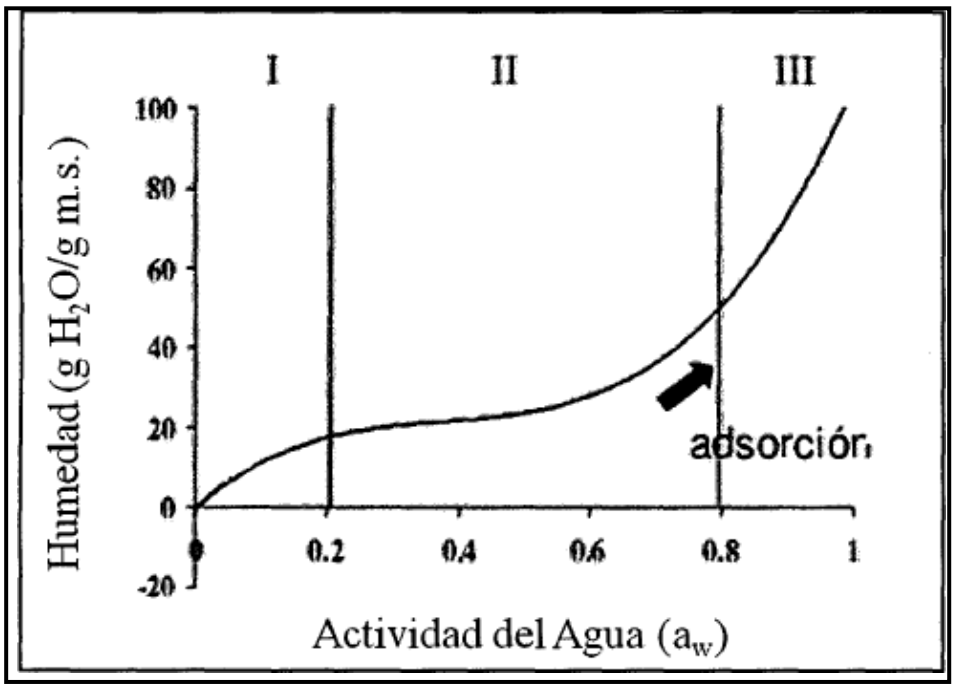

Figura 4. Zonas de isotermas

Fuente: Ponce, 2005

4.2.5.5. Tipos de isotermas

Una revisión hecha por Brunauer, Deming y Teller mencionado por Martínez [38], sobre la adsorción de gases de Van der Waals, llevó a establecer 5 tipos de isotermas, los que se muestran a continuación:

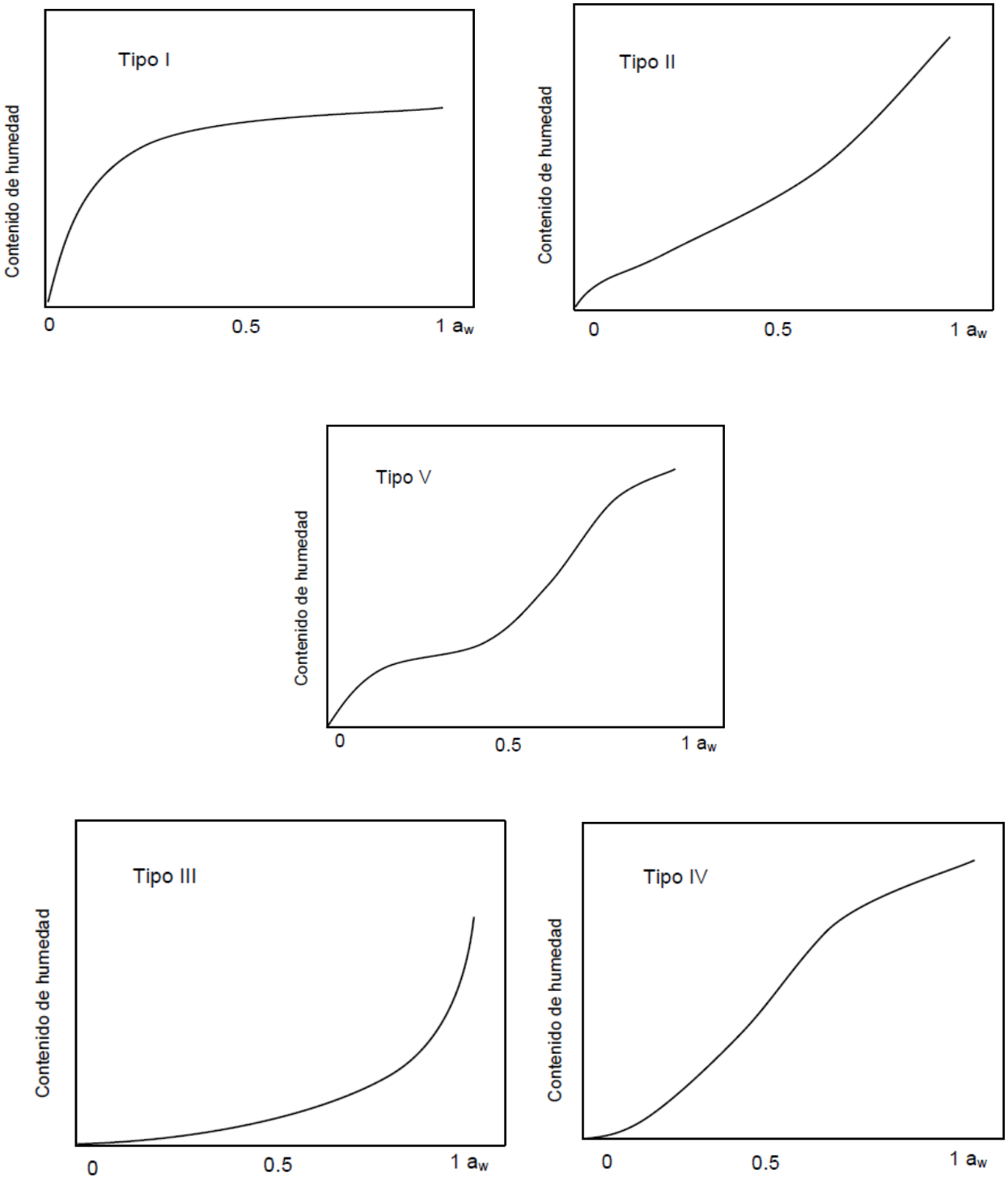

Figura 5. Tipos de isotermas según S. Brunauer (1940).

Fuente: Shafiur, 2003

- **Tipo I**: Designado como isoterma de Langmuir, hace referencia a la adsorción en la monocapa del alimento. Hasta que se logre conseguir un valor proporcional a la capa total de la superficie de la monocapa la cantidad que es absorbida aumenta. Siendo esta una punto poco común en las isotermas de adsorción en alimentos. De los procesos únicos de fisiosorción es la isoterma la más característica.
- **Tipo II:** Las isotermas de tipo II son la muestra de una adsorción física en multicapa. El ascenso inicial es mucho más rápido cuando se origina la primera capa y conserva una constante mayor que para el resto de capas (entalpía de formación negativa). Al crearse la segunda capa seguida de otras más la presión continúa aumentando. Este tipo de curvas son característicos de productos solubles y son conocidas como sigmoidea, así pues conforme la aw se acerque a la unidad la curva muestra una tendencia asíntota.
- **Tipo III:** En este tipo de curvas la creación de la primera capa es igual que para las demás. La adsorción física en multicapas se debe a la constante de equilibrio de formación, pues la primera capa y las demás son iguales. (no se evidencia diferencia).
- **Tipo IV y V:** Corresponde a la absorción en multicapas sobre materiales porosos, además presenta dos características fundamentales: saturación e histéresis, esto es debido a que el absorbente puede retener absorbato hasta un límite, la capacidad de los poros. Difieren del tipo II y III por la presencia de una rama horizontal (saturación).

  De acuerdo con Alves [65] generalmente los alimentos ricos en proteínas representan un comportamiento sigmoidea y los alimentos ricos en azucares representan curvas en forma exponencial.

  Cada alimento posee su propio modelo de isoterma, que explica el comportamiento de la transmisión de agua entre el ambiente que rodea al alimento y el mismo [66].

4.2.5.6. Importancia de las isotermas para la industria alimentaria

Para el diseño de procesos de secado la comprensión de las isotermas es de particular importancia, pues avala la reducción del crecimiento microbiológico, mayores ganancias económicas, mayor rentabilidad y una calidad superior del producto [47].

Según Belghit [67] las isotermas son significativos para el estudio y la innovación de diseños de conservación y manipulación en los alimentos, como el tiempo de secado, el tiempo de vida en anaquel de los productos deshidratados, el envasado y la elección del mejor tipo de embalaje permeable; además de las condiciones de equilibrio después de las mezclas de productos con distintas actividades de agua [68]

Según Iglesias y Cherife citado por Gutiérrez [59], para el análisis del comportamiento de sorción de mezclas de alimentos, es frecuentemente deseable calcular la isoterma de sorción a partir del conocimiento de las isotermas de los componentes y las fracciones en peso de los componentes de la mezcla, como por ejemplo en la formulación de alimentos deshidratados de diferentes componentes, tales como salsas secas o sopas, la isoterma de sorción debe ser distinguida para predecir y evitar una transferencia de agua indeseable desde las sustancias de alta actividad de agua hacia los de baja actividad.

Permite conocer la humedad de equilibrio, ya que ésta es una propiedad muy importante que tiene un impacto significativo dentro del procesamiento y sobretodo en el almacenamiento del producto, según Salwain y Slawson citado por Gutierrez [59].

4.2.5.7. Efecto de la temperatura en las isotermas

Debido a que la actividad de agua cambia con la temperatura y los alimentos no son mezclas ideales, es de gran importancia el efecto de la temperatura. El movimiento de las moléculas de agua son afectadas por la temperatura, para una actividad de

agua constante un incremento de la temperatura, induce el declive de la cantidad de agua adsorbida, en ciertos azucares se presentan este tipo de singularidades, pues se vuelven más higroscópicos a temperaturas elevadas constituyendo alimentos de bajo peso molecular que se diluyen en agua [69]. La reactividad química y microbiológica se ve afectada por la relación temperatura – contenido de humedad, ya que un incremento de la temperatura provoca un aumento de la actividad de agua a un contenido de humedad constante [70].

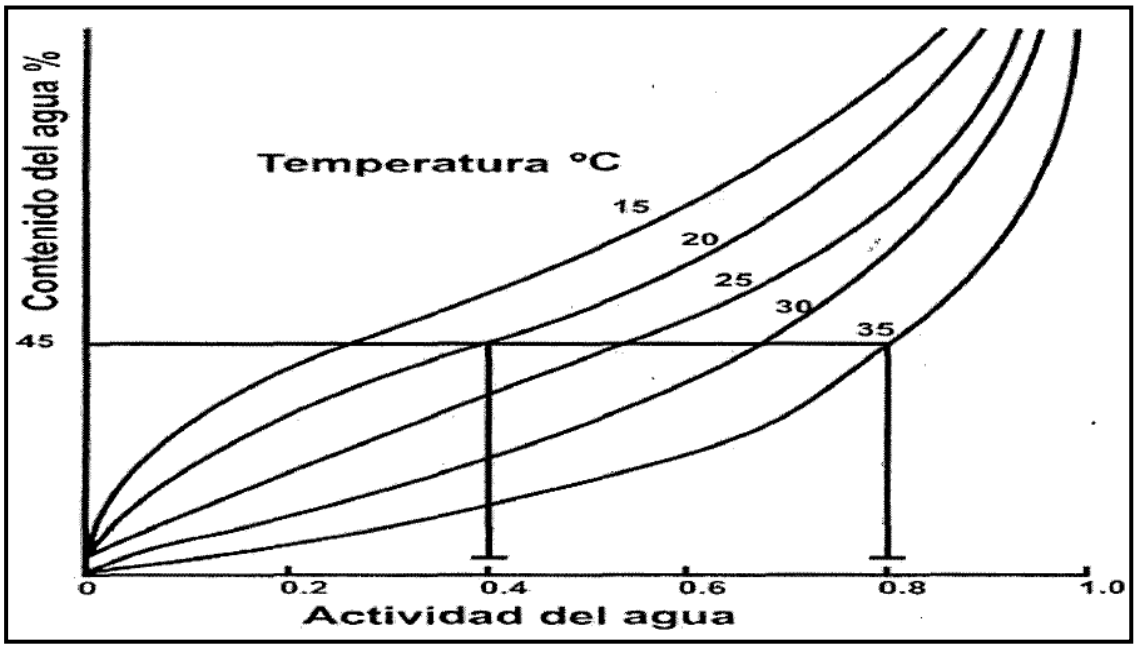

Figura 6. Influencia de la temperatura en las isotermas de adsorción

Fuente: Badui (2006).

Badui [28] indico que al elevar la temperatura también se incrementa la aw, y que equivalentemente lo hace la presión de vapor, pues son parámetros dependientes de la temperatura, lo que se puede observar en la figura 6 donde se muestra la tendencia de la mayoría de los alimentos, pero como criterio general mínimas oscilaciones de temperatura pueden producir enormes alteraciones en la actividad del agua, dependiendo del alimento.

4.2.5.8. Métodos de estimación de isotermas de sorción

Los métodos experimentales de mayor preferencia para la determinación de las isotermas de sorción según Gal citado por Rahman [47] son: métodos gravimétricos, manométricos, higrométricos y otros. Los métodos gravimétricos se basan en lograr el estado de equilibrio de las muestras con su atmosfera de humedad conocida a una temperatura determinada, que se define como equilibrio [71] Existen dos tipos de métodos gravimétricos:

- Método con registro continuo de cambios de muestras en masa (sistemas dinámicos y evacuados) y
- Método con registro discontinuo de cambios de muestras en masa (sistemas estáticos, dinámicos y evacuados).

En el presente trabajo se va a ahondar sobre la técnica del método estático gravimétrico que es el método más simple y comúnmente utilizado para la determinación de isotermas de sorción en muchos productos alimenticios [59] [69]. Costes mínimos para la realización de investigaciones experimentales, la posibilidad de determinar el contenido de humedad en equilibrio del material en un amplio rango de humedad relativa del aire a una temperatura determinada, la simplicidad del método y la facilidad de operación son las principales ventajas de este método en comparación con otros [72]. Por lo cual una de las técnicas gravimétricas ejecutadas por el método estático gravimétrico es colocar el alimento dentro de una cámara cerrada herméticamente que en interacción con una solución de sal saturada de una aw (HR%) conocida, producirá un ambiente cuya HR% en el equilibrio será exactamente igual a la aw de la sal a esa misma temperatura; por tanto si dentro de la cabina se pone al alimento, este perderá y ganara agua hasta lograr un peso constante que equivale a que se ha logrado el equilibrio con el ambiente [32].

4.2.6. Modelos matemáticos de isotermas.

Muchos han sido los autores que han desarrollado fórmulas matemáticas que definan y caracterizan las isotermas con la mayor exactitud posible [52]. Se han planteado diversos modelos teóricos, semiteóricos y empíricos que acceden a enunciar el contenido de humedad de equilibrio en los alimentos [8]. Los modelos teóricos permiten explicar interacciones existentes entre la estructura del alimento y el agua. Las ecuaciones empíricas corresponden a la gran mayoría de las ecuaciones utilizadas para el ajuste y en virtud a su naturaleza nos permite una buena comprensión del alimento, según Moura y Germer, citado por Araujo [57] Hasta la actualidad se han propuesto más de 200 ecuaciones de isotermas para materiales biológicos [73] no obstante Chen y Morey mencionado por Chowdhury [74] concluyeron que no se puede afirmar que un modelo de isoterma de sorción sea universal para todos los alimentos esto es comprensible dado que existe gran variedad en cuanto a la naturaleza, composición química, textura y estado fisicoquímico de los alimentos, es por esto que al tiempo de investigar las isotermas comúnmente es fundamental emplear varios modelos ya que no todos simbolizan equivalentemente de bien las distintas zonas de la curva [62].

Las ecuaciones utilizadas en el presente trabajo para describir el comportamiento de las curvas de adsorción de humedad de las muestras de sangres de pollo deshidratado, son mostradas a continuación:

4.2.6.1. Modelo de BET (Brunauer, Emmet y Teller)

El modelo de BET está definido como que la velocidad de evaporización y la de condensación de la segunda y la primera capa respectivamente, son equivalentes [38].

Las superficies tanto planas como convexas en el proceso de adsorción no se define a una sola capa (monocapa) sino que se extiende inclusive hasta que la superficie

permanezca envuelta con una capa multimolecular, todo esto como resultado de la similitud entre las fuerzas responsables de las fuerzas de licuefacción (fuerzas de Van der Waals) y la adsorción física [75].

El modelo de BET es la más utilizada y proporciona un buen ajuste para una variedad de alimentos sobre una región de actividad de agua entre 0,05 y 0,45, según Rizvi, citado por Gabas [71], el intervalo de actividad de agua de principal importancia en los alimentos comprende desde 0,1-0,9, lo que significa un inconveniente en el uso de la isoterma BET [75] la ecuación de BET es expresado de la siguiente forma:

$$Xe = \frac{\mathrm{Xm.C.aw}}{(1-\mathrm{aw})(1+(C-1)aw)} \qquad \text{(Ecuación 6)}$$

Donde:

X_m = Contenido de humedad en la monocapa (b.s.)

C = Constante de BET relacionada al calor de sorción

aw = Actividad de agua

Xe = Contenido de humedad (b.s.)

4.2.6.2. Modelo GAB (Guggenheim – Amderson – de Boer)

El modelo de GAB es una ramificación de la ecuación de BET, conociendo la región multicapas y sus propiedades modificadas del agua absorbida[38] este modelo es ampliamente utilizado en alimentos [76] este modelo es garantizado por el proyecto Europeo COST90.

Al Muhtaseb [41] define este modelo como el más versátil de los existentes, ya que tienen un rango de aplicabilidad para valores de aw comprendidos entre 0,05 – 0,95. Lomauro citado por Ovalle [69] verificaron que el modelo de GAB puede representar más del 50% de las isotermas de frutas, vegetales, y productos cárnicos en

comparación de ecuaciones de dos parámetros. La ecuación de GAB es representada de la siguiente forma:

$$Xe = \frac{\mathrm{Xm.\ C.\ K.\ aw}}{(1 - \mathrm{K.aw})(1 - \mathrm{K.aw} + \mathrm{C.K.aw})} \qquad \text{(Ecuación 7)}$$

Donde:

aw: Actividad de agua

Xe: Humedad de equilibrio

Xm: Humedad de la monocapa molecular

C: Constante de Guggenheim, característica del producto y relacionado con el calor de adsorción de la monocapa.

K: Factor de corrección relacionado con el calor de sorción de la monocapa.

Las constantes C y K están relacionadas con las interacciones energéticas entre las moléculas de la humedad de la monocapa (Xm) y las subsiguientes, en un determinado sitio de sorción [77]. La definición de actividad de agua crítica es representada bajo el parámetro de la monocapa (Xm), que se encuentra presente tanto en la isoterma de BET y GAB [76]. Las moléculas en estado líquido puro y las que se encuentran en la segunda capa presentas diferencias del potencial químico que son medidas con la constante K, siendo esta la tercera constante de la ecuación de GAB, de la cual; si K es menor a la unidad, se estimará una sorción menor a la predicha por BET [78]. La constante C se refiere a las interacciones entre los sitios activos del producto y las moléculas de agua [77].

4.2.6.3. Modelo de Henderson

El modelo empírico de Henderson es uno de los más disponibles y describe bien el comportamiento de alimentos tales como cereales, granos y frutas, en un extenso nivel de actividad de agua (0,10 a 0,75) [58].

$$1 - aw = \exp\left(-A.\, Xe^{B}\right) \qquad \text{(Ecuación 8)}$$

Donde A y B son constantes características del modelo, que dependen de la naturaleza del producto.

4.2.6.4. Modelo de Oswin

El modelo de Oswin es una ecuación empírica, basado en la expresión matemática para la curva de forma sigmoidea. Al-Muhtaseb [41] atribuyen a este modelo un rango de aplicabilidad muy amplio (0,05-0,90). Con dos constantes es de fácil linealización, mostrando las ventajas respecto a los modelos cinéticos GAB y BET, de lo mencionado por Chinnan & Beauchat citado por Huamán [63]. Según Lomauro citado por Araujo [57] la ecuación de Oswin ajusta cerca del 57% de las isotermas de alimentos.

$$Xe = A\left(\frac{aw}{(1 - a\,w)}\right)^{B} \qquad \text{(Ecuación 9)}$$

Donde:

Xe: Humedad de equilibrio

aw: Actividad de agua

A y B: Parámetros de ajuste modelo.

4.2.6.5. Modelo Smith

Sandoval y Barreiro [79] a definen como:

$$m = A + B.\ln(1 - aw) \qquad \text{(Ecuación 10)}$$

Donde A y B son contantes características del modelo. En la bibliografía existen diferencias a la hora de establecer el ámbito de aplicación de este modelo biparamétrico; Al Muhtaseb coinciden con Becker y Sallans en conferirle validez en el rango de aw entre 0,3 y 0,90 [41].

4.2.6.6. Modelo Halsey modificado

Halsey citado por Lima [80] desarrollo un modelo matemático, asumiendo que la magnitud del parámetro B caracteriza el tipo de interacción entre el vapor y el sólido, pues si B es grande la atracción entre el sólido es muy específica y no se extiende muy lejos de la superficie, si por el contrario B es pequeño, las fuerzas de atracción predominantes son de Van der Waals y capaces de llegar a grandes distancias de la superficie, de lo cual la ecuación está dada por:

$$aw = \exp(-A/\ Xe^{B}) \qquad \text{(Ecuación 11)}$$

Siendo A y B constantes están en manos de la naturaleza y temperatura del producto. Al Muhtaseb proponen como valido el modelo en el intervalo de aw entre 0.05-0.80, para alimentos ricos en almidón [41].

4.2.6.7. Modelo Caurie

Este modelo contempla el fenómeno de adsorción desde un nuevo enfoque Caurie abandona la idea que asume el modelo de BET de que la adsorción de humedad en los alimentos se organiza en un número infinito de capas de agua, convencido de que esta posee carácter unimolecular. De este modo reordena la ecuación de BET de la siguiente manera [62]:

$$\left(\frac{m}{mo}\right)^{n} = C\left(\frac{aw}{(1-aw)}\right)^{2} \qquad \text{(Ecuación12)}$$

Donde:

m_o: Humedad de monocapa

n: Número de capas según BET

C: Constante

Tras examinar todas las posibilidades que ofrece este modelo, podemos obtener información valida de los procesos de sorción de humedad de todo el espectro de aw. Al respecto, Abramovic y Klofutar [81] le atribuyen validez a este modelo para cualquier valor de aw inferior a 0,98.

4.2.7. Calidad de ajuste de los modelos matemáticos

Para lograr un buen modelado de todos los datos experimentales obtenidos en el presente estudio se utilizó como parámetro de medición de la calidad del ajuste de todos los modelos matemáticos al coeficiente de correlación lineal (R^2) conociendo además que R^2 debe ser superior a 90%, también se hizo uso del porcentaje de error medio relativo (%ERM) y el error estándar de humedad (SEM); parámetros estadísticos ampliamente utilizados por diversos autores en la determinación de isotermas de alimentos [82] [83] [50].

El cálculo del error medio relativo (%ERM) y el error estándar de humedad (SEM) se realizaron mediante las ecuaciones 13 y 14 respectivamente.

$$(\%\mathrm{ERM}) = \frac{100}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{Xe - Xc}{Xe}\right) \qquad \text{(Ecuación13)}$$

$$\mathrm{SEM} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(Xe - Xc)^2}{N - n}} \qquad \text{(Ecuación14)}$$

Donde:

Xe: Contenido de humedad experimental (g agua/g m.s.).

Xc: Contenido de humedad calculada a partir de cada modelo (g agua/g m.s.).

N: Número de puntos experimentales

n: Número de constantes en el modelo.

Wang y Brennan citado por Fadini [84], consideran que valores del parámetro %ERM por debajo del 10% indican un ajuste razonable de los datos experimentales a los modelos; así mismo Resende indica que los modelos que presentan mejor ajuste con aquellos que exhiben un mayo R^2 y un menos valor de %ERM [85].

V. METODOLOGÍA

5.1. Lugar de ejecución

El presente trabajo de investigación, financiado por el Vicerrectorado de Investigación y Postgrado mediante el proyecto A17041881 con Resolución de Rectorado 04274-R-17, realizado por el grupo de investigación "Caracterización Integral y Procesos Tecnológicos de Alimentos Funcionales y Nutraceuticos", fue ejecutado en el Laboratorio de Bromatología Especial y Tecnología Nutricional, de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Además los análisis microbiológicos de la sangre de pollo deshidratada se realizaron en el laboratorio de Microbiología de la Universidad Nacional Alas Peruanas (UAP).

5.2. Materiales

5.2.1. Materia prima

La materia prima utilizada en el presente trabajo es la sangre de pollo, la cual se obtuvo del Mercado Municipal "Gran Mariscal Ramón Castilla" ubicado en Jr. Ucayali 615, Cercado de Lima, dicho establecimiento cuenta con un área para el beneficio de las aves. El costo promedio de la sangre de pollo es de S/ 2.00/5 kilos.

5.2.2. Sales

- Cloruro de potasio (KCl), marca Sharlau Chenie S.A.
- Cloruro de sodio (NaCl), marca Sharlau Chenie S.A.
- Nitrito de sodio ($NaNO_2$), marca Biomedicals INC. USA
- Nitrato de Magnesio ($MgNO_3$), marca Sharlau Chenie S.A.

- Cloruro de magnesio ($MgCl_2$), marca Sharlau Chenie S.A.
- Acetato de potasio ($KC_2H_3O_2$), marca Sharlau Chenie S.A.
- Ácido sulfúrico (H_2SO_4), marca Merm.

5.2.3. Materiales

- Petrifilm 3M para conteo de *Aerobios mesófilos*.
- Petrifilm 3M para conteo de *Coliformes Totales*.
- Petrifilm 3M para conteo de *Staphylococcus aureus.*
- Petrifilm 3M para conteo de *Salmonella.*
- Desecadores
- Placas Petri, marca NORMAX
- Termómetro de mercurio (rango 0-200ºC)
- Bandejas de acero inoxidable (20cm x 60cm)
- Recipientes de plástico de 250 ml, 1L y 5L.
- Ollas y cucharones de acero inoxidable
- Indumentaria (Mascarilla, guantes, malla desechable, mandil).

5.2.4. Equipos de laboratorio

- Estufa marca MEMMERT, modelo UF 55, precisión ± 0,5ºC.
- Refrigerador marca Coldex.
- Balanza analítica marca KERNM, modelo ABT 220-4M, serie WB14B0011, precisión ±0,1 mg.
- Termohigrómetro marca Traceable.
- Balanza de precisión marca PATRICKS, rango de 0,1 – 2,5k
- Molino de cuchillas marca GRINDER, modelo HM100, serie

5.3. Método

5.3.1. Obtención de sangre de pollo deshidratado.

La sangre de pollo deshidratada se obtuvo en base al diagrama de flujo mostrado en la figura 10, a continuación se describe detalladamente el procedimiento:

- **Recepción:** Se emplearon 3 kilos de sangre de pollo, adquirida del Mercado Central; a partir de los 3 a 10 minutos se inicia el proceso de coagulación, esto se debe a la acción de la enzima trombina, por ello se le adiciono Citrato Sódico en una concentración de 1g por cada litro de sangre para evitar la coagulación, luego se transportó en coolers con gel refrigerante, manteniendo la temperatura de 2 – 4ºC.
- **Limpieza:** Una vez en el laboratorio se procedió a eliminar las impurezas, mediante método de filtrado, para lo cual se utilizó un colador de tela.
- **Pasteurización**: Se llevó a tratamiento térmico (90ºC/10-15min). Para ello se calienta la sangre, revolviéndola constantemente hasta que se forme una masa (coágulo), teniendo cuidado y evitando que se queme, con la ayuda de un termómetro se va midiendo la temperatura, una vez se llegue a los 90ºC se deja por 10 – 15 min para poder eliminar algún tipo de patógeno presente en la sangre.
- **Enfriamiento:** Se dejo enfriar por 3,5 horas aprox. hasta alcanzar 25ºC
- **Prensado:** Eliminación de agua y suero sanguíneo hasta obtener 66% de materia sólida, con el fin de reducir el costo y el tiempo de secado.
- **Reducción de tamaño:** Se redujo de tamaño en el molino de cuchillas HM 100 (60RPM/10seg.).
- **Secado:** La sangre de pollo molida se colocó en Placas Petri para dar inició al secado mediante estufa (marca MEMMET, modelo UF55) a las temperaturas de 40, 50 y 60ºC, como se explica en el ítem 5.3.2.

- **Envasado:** Se almacenará momentáneamente en bolsas de aluminio biorientada que protegen de la luz, del oxígeno y de la humedad y herméticamente sellada en presentación de 100 g, hasta que tengamos listos las sales saturadas y los desecadores para dar inicio a la estimación de las isotermas de adsorción a las diferentes temperaturas de trabajo. Cabe resaltar que se procesó una muestra nueva por cada temperatura.



Figura 7. Muestra de sangre de pollo deshidratado almacenado en bolsa de aluminio.

Fuente: Elaboración propia (2019).

5.3.2. Secado de la sangre de pollo

El método utilizado para la deshidratación de la sangre de pollo es el secado, bajo este método se le suministra calor por convección al producto a través de aire forzado, este proceso se realizó con el fin de eliminar el agua contenida en la muestra, minimizando el deterioro y el crecimiento microbiano. Se hizo uso de una estufa marca MEMMERT modelo UF55 para realizar el secado de la muestra a las temperaturas de 40ºC, 50ºC y 60ºC. Las muestras se colocaron en Placas Petri con 0.3 cm de altura del producto y se pesaron cada 20 minutos hasta alcanzar el peso constante.

5.3.3. Determinación de humedad, según NTP ISO 1442:2006 [86]

Antes de exponer las muestras de sangre de pollo deshidratado a las sales saturas de HR% conocida, se analizó para conocer la humedad inicial de la muestra. La determinación de humedad del producto se realizó mediante estufa (marca MEMMERT, modelo UF 55, precisión ± 0,5ºC) para lo cual se tomó el peso de la muestra antes y después de ser llevada a la estufa (105ºC/2horas), el resultado fue señalado como masa de agua por masa total de muestra, según:

$$H\% = \frac{P1 - P2}{P1} * 100 \qquad \text{(Ecuación15)}$$

Donde:

H%: Humedad de la muestra (g agua/g muestra).

P1: Peso de capsula con muestra húmeda, en gramos.

P2: Peso de capsula con muestra seca en gramos.

5.3.4. Análisis microbiológico

Los análisis microbiológicos de la sangre de pollo deshidratada se realizaron en placas Petrifilm 3M en el Laboratorio de Microbiología de la UAP, a continuación se menciona metodología aplicada para cada microorganismo:

Tabla 5: Análisis microbiológicos realizados mediante Petrifilm a la sangre de pollo deshidratada y sus respectivos métodos de análisis.

MICROORGANISMO	MÉTODO
Aerobios mesófilos	AOAC Official Method 990.12 Aerobic Plate Count in Foods Dry Rehydratable Film (Petrifilm™ Aerobic Count Plate) Method First Action 1990 - Final Action 1994.
Cauliformes / E. coli	AOAC Official Method 991.14 Coliform and Escherichia coli counts in Foods Dry Rehydratable Film (Petrifilm™ E. coli/Coliform Count Plate and Petrifilm Coliform Count Plate) Methods First Action 1991 - Final Action 1994.
Staphylococcus aureus	AOAC Official Method 2003.07 Enumeration of Staphylococcus aureus in Selected Types of Processed and Prepared Foods Petrifilm™ Staph Ex press Count Plate Method First Action 2003 - Final Action 2006.
Salmonella	AOAC Official Method 2014.01 Enumeration of *Salmonella* in Selected Types of Processed and Prepared Foods Petrifilm™ *Salmonella* Express System Count Plate Method First Action 2014 – Final Action 2016.

Fuente: Elaboración propia (2019).

Además se realizaron con metodología tradicional los siguientes microorganismos:

Tabla 6: Análisis microbiológicos realizados a la sangre de pollo deshidratada y sus respectivos métodos tradicionales.

MICROORGANISMO	MÉTODO
Clostridium perfringes	ICMSF Vol. I Parte II Pág. 281-283 I,II y III (Traducción Versión Original 1978) Reimpresion 2000 (Ed. Acribia) 1983
Listeria monocytogenes	FDA/BAM ON LINE 2001 8th Ed. January 2016 Chapter 10 Revisión A 1998

Fuente: Laboratorio La Molina Calidad Total (2019).

Los parámetros microbiológicos se compararon según NTS N° 071-2008 MINSA/DIGESA.V.01 “Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano” [87], que se muestran a continuación:

Tabla 7: Parámetros microbiológicos de los análisis realizados a la sangre de pollo deshidratada

Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Límite por g m	Límite por g M
Staphylococcus aureus	8	3	5	1	10	10^2
Aerobios mesófilos	3	3	5	1	$5x10^4$	$5x10^5$
Clostridium perfringes	8	3	5	1	10	10^2
Escherichia coli	6	3	5	1	10	10^2
Salmonella sp.	10	2	5	0	Ausencia/25g	---
Listeria monocytogenes	10	2	5	0	Ausencia/25g	---

FUENTE: NTS N° 071-MINSA/DIGESA.V.01, Item X.11 Carnes y productos cárnicos.

5.3.5. Análisis químico proximal

Los análisis fisicoquímicos de la muestra de sangre de pollo deshidratada, fue realizado en el Laboratorio Calidad Total de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

En la siguiente tabla se presenta los tipos de análisis fisicoquímicos realizados a la sangre de pollo deshidratada y sus respectivas normas de determinación.

Tabla 8: Análisis fisicoquímicos realizados a la sangre de pollo deshidratada y sus respectivos normas de determinación.

ANÁLISIS	MÉTODO
Proteína	NTP 201.021:2002 Cuantificación del Nitrógeno Total por método Kjendhal (INDECOPI).
Grasa	NTP 201.016:2002 Análisis de carne y productos cárnicos por extractor Soxleht (INDECOPI).
Humedad %	NTP-ISO 1442:2006 Determinación de humedad de carnes y productos cárnicos (INDECOPI).
Cenizas	NTP 201.022:2002 Determinación de cenizas de carnes y productos cárnicos (INDECOPI)
Hierro	AOAC 975.03 Cap. 3, Pág. 5-6, 20th Edition 2016
Carbohidratos	Por diferencia MS-INN Collazos 1993
Energía (Kcal)	Por cálculo MS-INN Collazos 1993

Fuente: Elaboración propia (2019).

5.3.6. Estimación de isotermas de sorción

A. Preparación de las sales saturadas

Se seleccionaron seis sales, que en solución saturada producen ambientes en un rango de humedad relativa de 21 - 88%, las cantidades de sal (g) y agua (ml) utilizadas se basaron en lo recomendado por Greenspan citado por Kiranoudis [88] (Anexo 1), las cantidades de agua y sal utilizadas para este trabajo son expuestas en la tabla 9, una vez obtenidas las soluciones saturadas se colocaron de manera individual en desecadores de vidrio, donde el total de solución saturada adquirirá una altura aproximada de 2,5 cm.; los desecadores se limpiaron previamente con una

solución de alcohol etílico de 96º. A cada una de las soluciones saturadas con un rango de actividad de agua conocida entre 0,21 a 0,88 se les midió la humedad relativa con termohigrómetro marca Traceable.

Tabla 9: Cantidades utilizadas en la preparación de las sales saturadas.

		CANTIDAD DE PREPARACIÓN	
NOMENCLATURA	SAL	SAL (g)	AGUA (ml)
Acetato de Potasio	($KC_2H_3O_2$)	375	100
Cloruro de Magnesio	($MgCl_2$)	400	40
Nitrato de Magnesio	($MgNO_3$)	360	100
Nitrito de Sodio	($NaNO_2$)	350	80
Cloruro de sodio	(NaCl)	350	100
Cloruro de Potasio	(KCl)	280	100

FUENTE: Propia (2019).

Tabla 10: Sales y ecuaciones utilizadas para obtener la actividad de agua (aw) o humedad relativa (%) [89].

NOMENCLATURA	SAL	ECUACIÓN DE REGRESIÓN	R^2
Acetato de Potasio	($KC_2H_3O_2$)	ln aw= (861,39 1/T) - 4,33	0,965
Cloruro de Magnesio	($MgCl_2$)	ln aw= (303,35 1/T) - 2,13	0,995
Nitrato de Magnesio	($MgNO_3$)	ln aw= (356,60 1/T) - 1,82	0,987
Nitrito de Sodio	($NaNO_2$)	ln aw= (435,96 1/T) - 1,88	0,974
Cloruro de sodio	(NaCl)	ln aw= (228,92 1/T) - 1,04	0,961
Cloruro de Potasio	(KCl)	ln aw= (367,58 1/T) - 1,39	0,967

Fuente: Labuza *et al*. (1985), citado por Pulla (2011).

B. Construcción de isotermas, según "European Cooperative Project COST 90", descrito por Wolf (1985) citado por Cerviño (2016) [90].

Al lograr la humedad requerida de las muestras de sangre deshidratada (6-9%), se inició con la construcción de las isotermas, las que se efectuó a tres temperaturas de estudio (10, 25 y 35ºC) que fueron establecidas de acuerdo al promedio de temperaturas a las que se almacenaría la sangre deshidratada.

El método para la elaboración de las isotermas estuvo fundamentado en la metodología estático gravimétrico recomendado por la COST90 o también llamado método de control de diferencia de peso, que consistió en dejar en el interior de un desecador cerrado, que contiene la solución saturada de actividad de agua conocida, una cantidad determinada de muestra de sangre de pollo deshidratado por triplicado hasta alcanzar el equilibrio con su atmosfera a una temperatura determinada. Se siguieron los siguientes pasos:

a. Se pesaron 2-4 g. de muestra de sangre de pollo deshidratado sin envasar (por triplicado) utilizando una balanza analítica (0,1 mg de precisión, marca Kerm) en placas Petri previamente desinfectadas y esterilizadas en estufa (120ºC/60min).
b. Luego se introdujo las placas Petri con las muestras en los desecadores herméticamente cerrados sin circulación de aire, conteniendo las soluciones saturadas de sales de aw o humedad relativa conocida (Tabla 10) a las soluciones de sal saturada con humedad relativa (%HR) superior a 65 % ($NaNO_2$,NaCl, KCl) se les adicionó un recipiente con Thymol para evitar la proliferación de microorganismos, especialmente el enmohecimiento.
c. Las muestras se almacenaron a 10ºC, 25ºC, y 35ºC en incubadoras de temperatura constante, de donde una vez introducidas las muestras se procedió a controlar el peso de la muestra cada 7 días, las placas se taparon al momento de

pesar y el tiempo de pesaje fue de 1 a 2 minutos para evitar la ganancia de humedad del medio ambiente y con el fin de evitar efectos sobre el resultado, éste proceso se realizó hasta alcanzar el equilibrio (peso constante), que según Cortes [83] este punto es hallado cuando la diferencia en peso entre pesos sucesivos no excede el 0,01%, valor que se tomó como indicador de equilibrio de saturación de humedad, con estos datos se construyeron las correspondientes isotermas de adsorción. Para completar los puntos extremos (mínimo y máximo) de la curva de las isotermas se utilizó ácido sulfúrico y agua destilada.



Figura 8. Isotermas en estufa a 35ºC.

Fuente: Elaboración propia (2019)

C. Determinación de la humedad de equilibrio (Xe)

Al concluir con la construcción de las isotermas de adsorción y finalmente alcanzar el peso en equilibrio, se utilizaron los pesos obtenidos de cada toma de datos, la humedad de equilibrio (Xe) fue hallada de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$Xe = \frac{meq - ms}{ms} \qquad \text{(Ecuación 16)}$$

Donde:

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

m_s = Masa de la muestra seca (g)

m_{eq}= Masa de la muestra en equilibrio (g)

D. Ajuste de modelos matemáticos

Los datos obtenidos de las muestras al alcanzar la humedad de equilibrio fueron ajustados a los modelos matemáticos de GAB (de Guggenheim-Anderson-DeBOER), BET (de Brunauer, Emmett y Teller), Henderson, Smith, Halsey, Caurie y Oswin, los cuales son frecuentemente utilizados en la industria de alimentos. Los datos experimentales obtenidos en el presente estudio fueron evaluados con el parámetro de coeficiente de correlación lineal (R^2) conociendo además que R^2 debe ser superior a 90%, el error relativo medio (%ERM) y el error estándar de humedad (SEM) se realizaron mediante las ecuaciones 13 y 14 anteriormente mencionadas.

Para realizar el reemplazo de los valores en las ecuaciones y el cálculo de los parámetros en los modelos propuestos se hizo uso del paquete estadístico de Excel 2010.

E. Análisis Estadístico

Para determinar que tanto influye de la temperatura de almacenamiento en la humedad de equilibrio, se efectuó el análisis de varianza (ANOVA) para bloques completamente al azar, considerando un nivel de confianza del 95% y un nivel de significancia (α) menor al 0,05, para lo cual se consideró a la temperatura como

un indicador para cada uno de los estados de almacenamiento (10ºC, 25ºC y 35ºC).

VI. RESULTADOS

6.1. Secado de la de sangre de pollo.

Para obtener la sangre de pollo deshidratada, se tomó 2,5 kg muestra en estado líquido, luego fue coagulada por pasteurización a 90°C por 15 minutos, para ser sometida a una prensa manual de acero inoxidable, hasta lograr 66% de sólidos totales; seguido se secó mediante aire forzado en estufa (marca MEMMET UF55) a tres temperaturas (40ºC, 50ºC y 60ºC). Se pesó alícuotas de 7, 10 y 11g en placas Petri de 10cm de diámetro, el espesor de la muestra en cada placa fue de 0.3 cm de altura. Se construyó la curva de secado pesando las muestras cada 20 minutos hasta alcanzar peso constante, en una balanza analítica marca KERNM, precisión ±0.1 mg. En la figura 11, se representa el contenido de humedad del producto con respecto al tiempo durante el proceso de secado. En las tablas 11, 12 y 13 se muestran los pesos promedio de las muestras durante el proceso de secado. En los anexos 3, 4 y 5 se presentan los pesos de las placas más muestra por triplicado durante el proceso de secado.



Figura 9. Secado en estufa de sangre de pollo deshidratado.

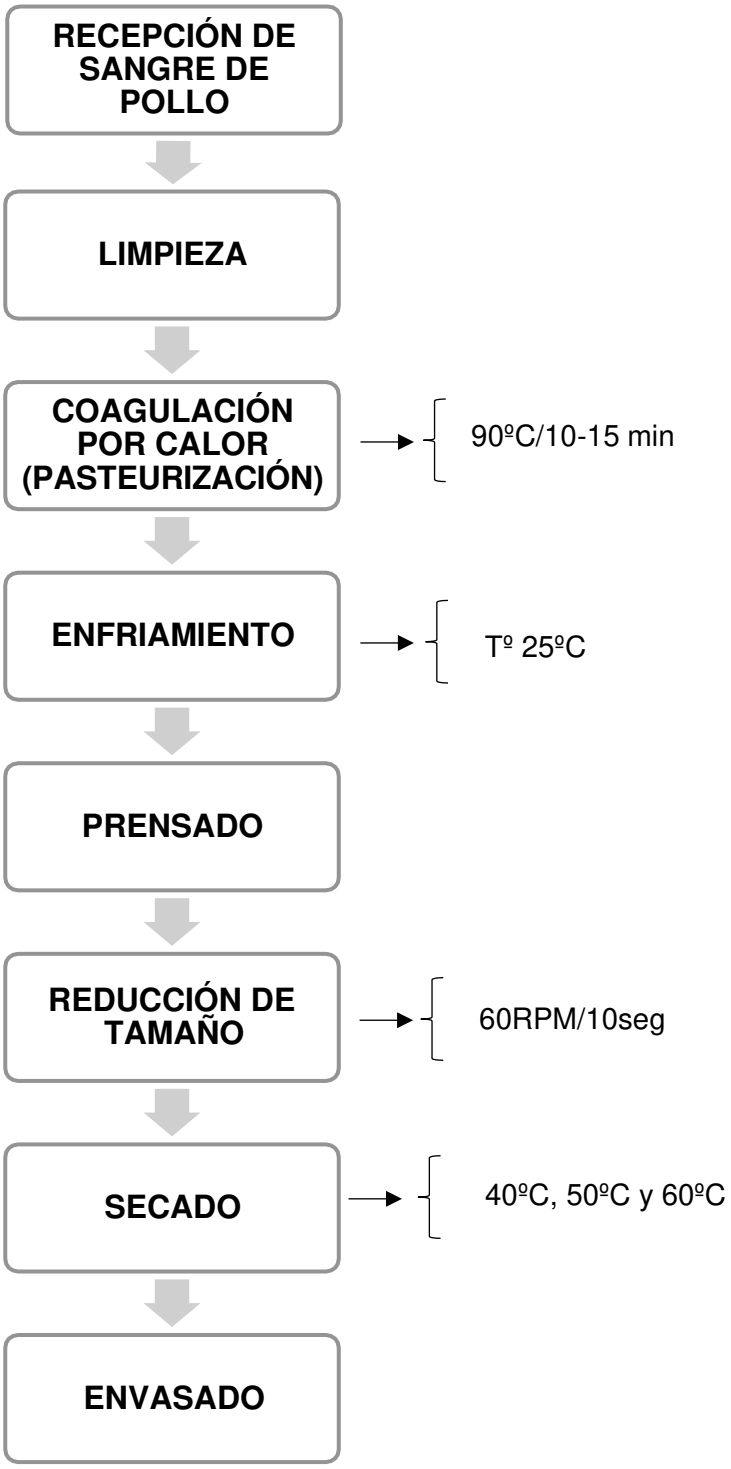

Figura 10: Diagrama de Flujo con parámetros óptimos para la obtención de la sangre de pollo deshidratada.

Fuente: Elaboración propia (2019).

MUESTRA "A" 40ºC		
Tiempo (min.)	Promedio de pesos (g)	*Humedad b.s.*
0	7,781	2,08
20	6,667	1,64
40	6,489	1,57
60	6,256	1,47
80	5,891	1,33
120	5,640	1,23
160	5,240	1,07
180	4,942	0,95
200	4,580	0,81
220	4,186	0,66
240	3,679	0,45
260	3,196	0,26
280	3,174	0,26
300	2,898	0,15
320	2,793	0,10
340	2,733	0,08
360	2,677	0,06
380	2,631	0,04
400	2,597	0,03
420	2,595	0,03
440	2,588	0,02
460	2,584	0,02
480	2,584	0,02
500	2,566	0,01
520	2,554	0,01
540	2,534	0,002
560	2,531	0,001
580	2,529	0
600	2,529	0

Tabla 11: Pesos de secado a 40ºC

Fuente: Elaboración propia (2019)

MUESTRA "A" 50ºC		
Tiempo (min.)	*Promedio de pesos (g)*	*Humedad b.s.*
0	*10,036*	*1,97*
20	*8,873*	*1,63*
40	*8,106*	*1,40*
60	*7,536*	*1,23*
80	*6,773*	*1,00*
120	*6,169*	*0,83*
160	*5,501*	*0,63*
180	*5,065*	*0,50*
200	*4,322*	*0,28*
220	*3,922*	*0,16*
240	*3,842*	*0,14*
260	*3,601*	*0,07*
280	*3,502*	*0,04*
300	*3,452*	*0,02*
320	*3,425*	*0,01*
340	*3,416*	*0,01*
360	*3,408*	*0,01*
380	*3,405*	*0,01*
400	*3,404*	*0,01*
420	*3,395*	*0,005*
440	*3,388*	*0,003*
460	*3,384*	*0,001*
480	*3,381*	*0,001*
500	*3,379*	*0*
520	*3,379*	*0*

Tabla 12: Pesos de la muestra a 50ºC

Fuente: Elaboración propia (2019)

MUESTRA "A" 60ºC		
Tiempo (min.)	Promedio de pesos (g)	Humedad b.s.
0	11,147	2,47
20	10,167	2,17
40	8,788	1,74
60	7,462	1,33
80	6,482	1,02
120	5,513	0,72
160	4,399	0,37
180	3,838	0,20
200	3,646	0,14
220	3,453	0,08
240	3,421	0,07
260	3,391	0,06
280	3,280	0,02
300	3,249	0,01
320	3,239	0,01
340	3,221	0,00
360	3,275	0,02
380	3,246	0,012
400	3,243	0,011
420	3,216	0,002
440	3,217	0,002
460	3,209	0
480	3,209	0

Tabla 13: Pesos de secado a 60ºC

Fuente: Elaboración propia (2019)

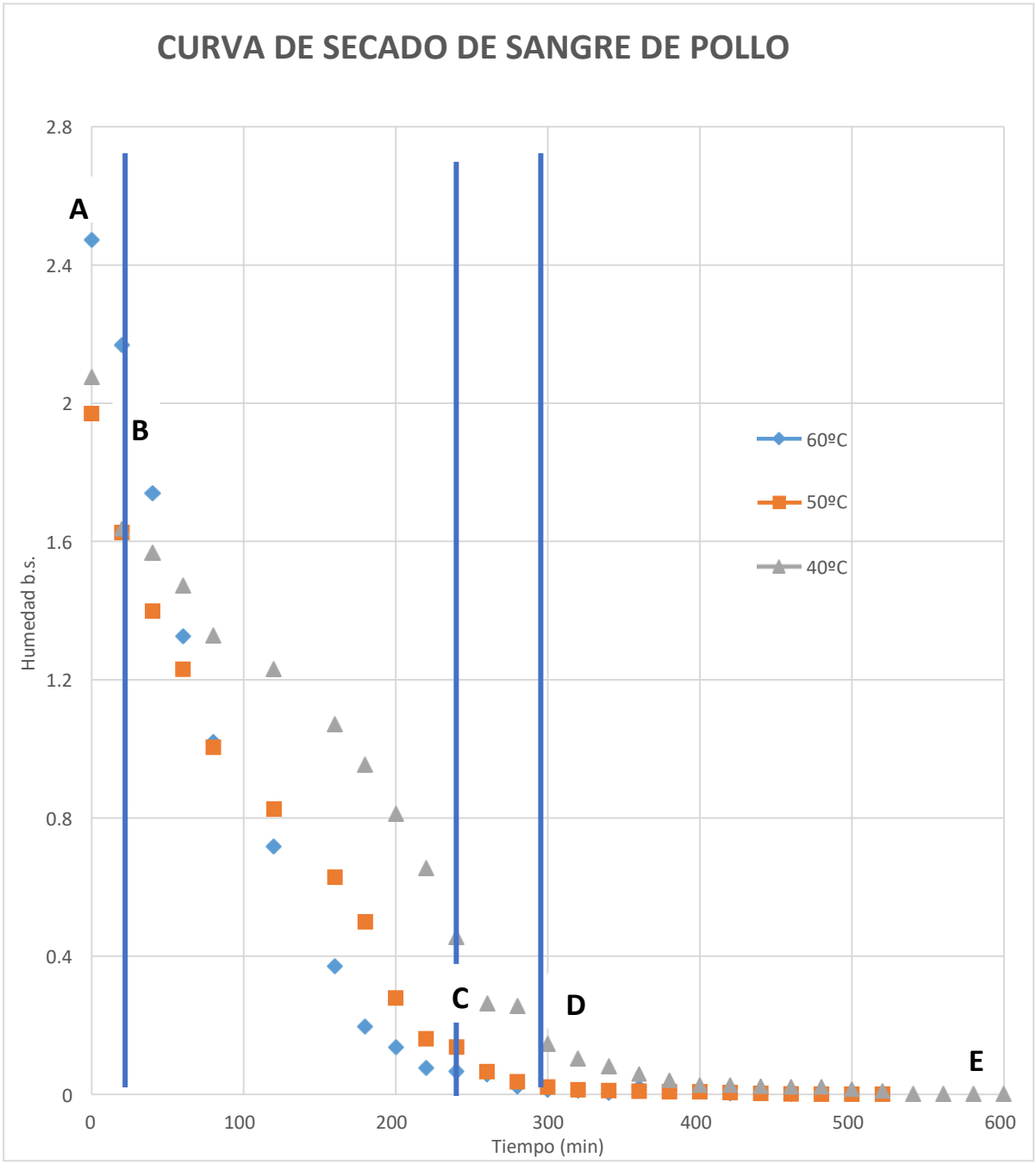

Figura 11. Curvas de secado a 40ºC, 50ºC y 60ºC.

Fuente: Elaboración propia (2019).

Para determinar la temperatura de secado adecuada se realizó una regresión polinómica a las curvas, y así obtener el coeficiente de determinación (R^2), los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 14: Valores del coeficiente de determinación (R^2) de las tres temperaturas de trabajo.

TEMPERATURA	R^2
40ºC	0.9789
50ºC	0.9931
60ºC	0.9974

Fuente: Elaboración propia (2019).

Se observa que a las tres temperaturas (40ºC, 50ºC y 60ºC) hay un buen ajuste, pero de entre éstas la curva de secado a la temperatura de 60ºC presenta un coeficiente de determinación (R^2) más cercana a 1. Por tanto se eligió esta temperatura como óptima para el proceso de obtención de la sangre de pollo deshidratado.

6.1.1. Humedad de la muestra a las tres temperaturas de secado

Las humedades de la muestra de sangre de pollo deshidratada se hallaron según NTP ISO 1442:2006 (Ecuación 15); los resultados obtenidos se expresan en la siguiente tabla:

Tabla 15: Humedades de la sangre de pollo deshidratada a las tres temperaturas de secado

TEMPERATURA	**HUMEDAD DE LA MUESTRA (%)**
40ºC	13,32
50ºC	10,24
60ºC	6,8

Fuente: Elaboración propia (2019).

6.2. Caracterización de la sangre de pollo deshidratado

6.2.1. Análisis Fisicoquímicos

Los resultados del estudio químico proximal de la sangre de pollo deshidratada, son presentados en la siguiente tabla:

Tabla 16: Composición fisicoquímica de la sangre de pollo deshidratada

ANALISIS	VALOR
Energía Total (Kcal/100g de muestra)	376,5
Proteínas Total (g/100 g de muestra original)*	77,9
Carbohidratos (g/100g de muestra)	5,8
Cenizas (g/100g de muestra)	3,8
Grasa (g/100g de muestra)	2,1
Humedad (g/100 g de muestra original)	4,7
Hierro (mg/100 g de muestra original)	144,84

*Factor: 6,25

Fuente: Laboratorio acreditado Calidad Total – Universidad Agraria La Molina

6.2.2. Análisis microbiológico

Los análisis microbiológicos de la sangre de pollo deshidratada se realizaron por duplicado y fueron analizados en el Laboratorio de Microbiología de la Universidad Alas Peruana (UAP) con todas las condiciones asépticas y cumpliendo con las Buenas Prácticas de Laboratorio (BPL); también algunos análisis se realizaron en el laboratorio Calidad Total de la Universidad Agraria La Molina-UNALM; los resultados son presentados a continuación:

Tabla 17: Resultados microbiológicos de la sangre de pollo deshidratada

ANALISIS MICROBIOLOGICO	RESULTADO
Aerobios mesofilos	2,7 x 10^2 ufc/g
Coliformes Totales/ E. coli	<10 ufc/g
Staphylococcus aureus	<10 ufc/g
Clostridium perfringes	<10 ufc/g
Salmonella sp.	Ausencia/25 g
Listeria monocytogenes	Ausencia/25 g

Fuente: Elaboración propia (2019).

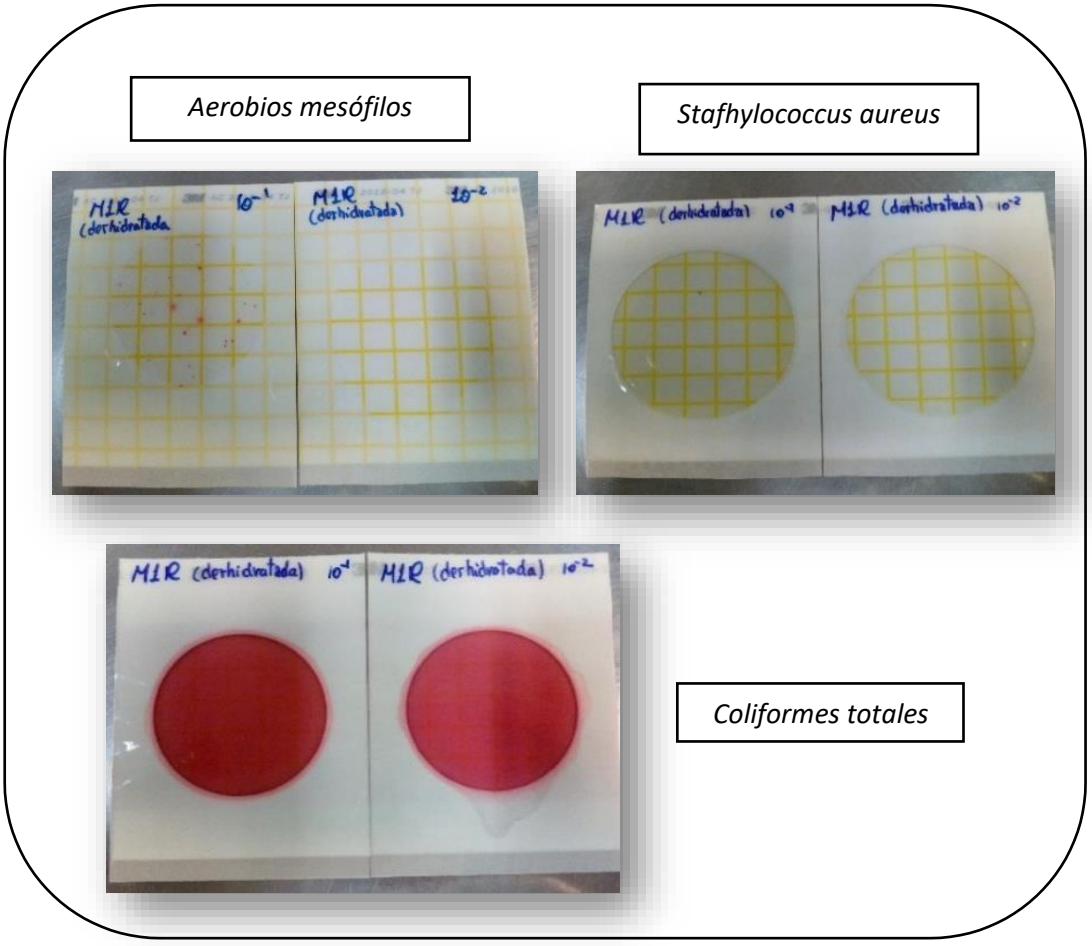

Figura 12. Placas Petrifilm 3M de los análisis microbiológicos realizados a la sangre de pollo deshidratada.

Fuente: Elaboración propia.

6.3. Estimación de Isotermas de Adsorción

6.3.1. Humedades relativas de sales saturadas

En la Tabla18, se muestra las humedades relativas de las sales saturadas que se calcularon a través de las ecuaciones de regresión lineal (91) (89), y las obtenidas de manera experimental.

Tabla 18: Comparación de las humedades relativas de equilibrio (%) teóricos y experimental en función de las tres temperaturas utilizadas en el experimento.

NOMENCLATURA	SAL	HUMEDAD RELATIVA (%)					
		10ºC		25ºC		35ºC	
		L(*)	E(*)	L(*)	E(*)	L(*)	E(*)
ACETATO DE POTASIO	($KC_2H_3O_2$)	27,59	25,30	23,67	23,20	21,55	21,20
CLORURO DE MAGNESIO	($MgCl_2$)	34,69	32,20	32,87	31,30	31,80	30,10
NITRATO DE MAGNESIO	($MgNO_3$)	57,09	57,40	53,58	51,20	51,54	50,40
NITRITO DE SODIO	($NaNO_2$)	71,15	68,10	65,85	67,40	62,80	64,30
CLORURO DE SODIO	(NaCl)	79,33	78,50	76,17	75,30	74,30	73,20
CLORURO DE POTASIO	(KCl)	91,23	88,40	85,46	82,20	82,11	80,10

L (*) Labuza (1985) E (*) Experimental

FUENTE: Elaboración propia (2019).

6.3.2. Humedad de equilibrio de la sangre de pollo deshidratada

La humedad inicial de las muestras de sangre de pollo deshidratada, secada a 60ºC por 8 horas, se determinó por el método sugerido por la NTP-ISO 1442:2006; las muestras fueron procesadas para cada temperatura experimental realizada en este trabajo. Las humedades iniciales de las muestras fueron de 6,56 %; 8,23%; 6,99% para 35ºC, 25ºC y 10ºC respectivamente. Luego de conocer la humedad inicial de la muestra, se procedió a pesar alícuotas de en placas Petri por triplicado, para luego

introducirlas al interior de una cámara herméticamente sellada con distintas sales saturadas que poseen una actividad de agua (aw) conocida, en la siguiente tabla se muestra las humedades de equilibrio promedio alcanzadas por las muestras.

Tabla 19: Humedad en equilibrio promedio (Xe) a las temperaturas de 10ºC, 25ºC y 35ºC.

NOMENCLATURA	TEMPERATURA					
	10ºC		25ºC		35ºC	
	Xe promedio (g agua/100g m.s)	Coef. Variación (%)	Xe promedio (g agua/100g m.s)	Coef. Variación (%)	Xe promedio (g agua/100g m.s)	Coef. Variación (%)
Agua Destilada (H_2O)	0,7166 ± 0,087	0,757	0,6935 ± 0,1298	1,685	0,6378 ± 0,2171	4,714
Cloruro de Potasio (KCl)	0,479 ± 0,1953	3,814	0,2646 ± 0,0063	0,004	0,2607 ± 0,0100	0,01
Cloruro de Sodio (NaCl)	0,3876 ± 0,0292	0,085	0,2078 ± 0,0026	0,0007	0,1985 ± 0,0037	0,0013
Nitrito de Sodio ($NaNO_2$)	0,2469 ± 0,0331	0,11	0,1829 ± 0,0056	0,003	0,1721 ± 0,0903	0,815
Nitrato de Magnesio ($MgN0_3$)	0,1853 ± 0,0503	0,253	0,1188 ± 0,0467	0,218	0,1077 ± 0,0140	0,02
Cloruro de Magnesio ($MgCl_2$)	0,1268 ± 0,1468	2,154	0,0911 ± 0,0040	0,001	0,0647 ± 0,0038	0,0015
Acetato de Potasio ($KC_2H_30_2$)	0,0940 ± 0,0036	0,001	0,0809 ± 0,0016	0,0003	0,0563 ± 0,0057	0,0033
Ácido sulfúrico (H_2SO_4)	0,0535 ± 0,008	0,007	0,0314 ± 0,0214	0,046	0,0177 ± 0,0242	0,059

± Desviación estándar.

Fuente. Elaboración propia.

En la Tabla 19 se expone el promedio de la humedad en equilibrio de la sangre de pollo deshidratado a las tres temperaturas evaluadas, el tiempo transcurrido para lograr adquirir una humedad de equilibrio (Xe) de las muestra de sangre de pollo deshidratada fue de aproximadamente 29 días (Anexo 6, 7 y 8). Además de las sales se utilizó ácido sulfúrico y agua destilada para obtener diferentes ambientes de humedad relativa y completar los puntos extremos (mínimo y máximo) de la curva de isoterma de adsorción, técnica utilizada según Betiol [92].

Tabla 20: Valores de humedad de equilibrio X_e (g agua/ g b.s.) experimentales de las muestras de sangre de pollo deshidratado en función de la actividad de agua (aw) a las temperaturas de estudio.

SALES SATURADAS	FÓRMULA	TEMPERATURA					
		10ºC		25ºC		35ºC	
		aw	Xe(b.s.)*	aw	Xe(b.s.)*	aw	Xe(b.s.)*
Agua Destilada	(H_2O)	0,95	0,7166	0,95	0,6935	0,93	0,6378
Cloruro de Potasio	(KCl)	0,88	0,4791	0,82	0,2646	0,8	0,2607
Cloruro de Sodio	(NaCl)	0,78	0,3876	0,75	0,2078	0,73	0,1985
Nitrito de Sodio	($NaNO_2$)	0,68	0,2469	0,67	0,1829	0,64	0,1721
Nitrato de Magnesio	($MgN0_3$)	0,57	0,1853	0,51	0,1188	0,5	0,1077
Cloruro de Magnesio	($MgCI_2$)	0,32	0,1268	0,31	0,0911	0,3	0,0647
Acetato de Potasio	($KC_2H_30_2$)	0,25	0,094	0,23	0,0809	0,21	0,0563
Ácido sulfúrico	(H_2SO_4)	0,08	0,0535	0,03	0,0314	0,03	0,0177

*Promedio de muestras por triplicado (g agua/g base seca)
Fuente: Elaboración propia (2019).

El promedio de los datos experimentales de la humedad de equilibrio (X_e) en función de la actividad de agua (aw) a las temperaturas de estudio son mostrados en la Tabla 20. En los anexos 9, 10 y 11 se muestran las humedades de equilibrio de cada repetición de las muestras expuestas a las sales saturadas utilizadas en el presente trabajo.

6.3.3. Curva de isotermas de adsorción

La representación gráfica de los datos experimentales de humedad de equilibrio (Xe) en función de la actividad de agua (aw) a las temperaturas de 10ºC, 25ºC y 35ºC pueden ser apreciados en la Figura 13.

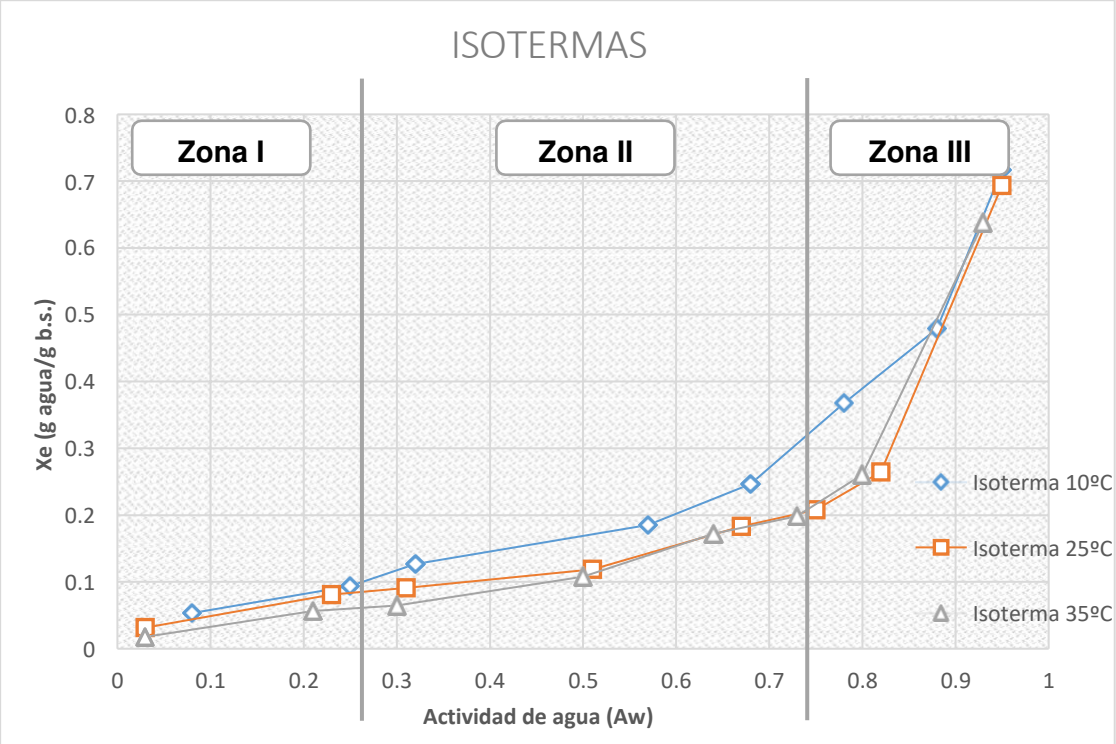

Figura 13. Isotermas de adsorción de sangre de pollo deshidratado.

Fuente: Elaboración propia

6.3.4. Estimación de parámetros de los modelos matemáticos en las isotermas de adsorción

La relación entre el contenido de humedad en equilibrio (Xe) y la actividad de agua (aw) de la sangre de pollo deshidratada, fueron ajustados a siete modelos matemáticos ampliamente utilizados en alimentos (GAB, BET, Henderson, Oswin, Caurie, Smith y

Halsey). A continuación se muestran los parámetros obtenidos de cada modelo matemático:

Tabla 21: Parámetros de ajuste de las isotermas de adsorción de la sangre de pollo deshidratada para los diferentes modelos matemáticos con sus respectivos coeficientes de determinación (R^2), Error relativo medio (%ERM), Error estándar de humedad (SEM) y varianza, a la temperatura de 10ºC.

MODELO	PARAMETROS		R^2	ERM (%)	SEM	VARIANZA
GAB	C (GAB)	11,6190				
	K (GAB)	0,9125	0,9933	6,61617	0,00186	0,04997
	mo (GAB)	0,1008				
BET	C (BET)	19,9456				
	mo (BET)	0,0848	0,9818	7,66755	0,01146	0,00230
HENDERSON	A (HEN)	1,2178				
	B (HEN)	5,4109	0,9692	10,61321	0,03060	0,01970
SMITH	A (SMITH)	0,0117				
	B (SMITH)	-0,2395	0,9794	12,15158	0,41781	0,07371
OSWIN	A (OSWIN)	0,1793				
	B (OSWIN	0,5095	0,9840	10,20244	0,05236	0,05119
HALSEY	A (HALSEY)	15,1351				
	B (HALSEY)	-1,3142	0,9816	6,61810	0,42917	0,05574
CAURIE	a(CAURIE)	-1,7190				
	b(CAURIE)	0,5095	0,9840	10,19843	0,15281	0,05117
	C(CAURIE)	0,6749				
	mo(CAURIE)	0,8388				

m_o: Valor de la monocapa, A,C,B y k: constantes del modelo ERM%:Error medio relativo

R^2: Coeficiente de determinación SEM: Error estándar de humedad

FUENTE: Elaboración Propia.

Tabla 22: Parámetros de ajuste de las isotermas de adsorción de la sangre de pollo deshidratada para los diferentes modelos matemáticos con sus respectivos coeficientes de determinación (R^2), Error relativo medio (ERM), Error estándar de humedad (SEM) y varianza, a la temperatura de 25 ºC.

MODELO	PARAMETROS		R^2	ERM (%)	SEM	VARIANZA
GAB	C (GAB)	40,1491				
	K (GAB)	0,9385	0,9755	7,64163	0,00031	0,02687
	mo (GAB)	0,0658				
BET	C (BET)	73,5063				
	mo (BET)	0,0609	0,9898	5,40027	0,01054	0,00090
HENDERSON	A (HEN)	1,5439				
	B (HEN)	15,0506	0,9635	8,72753	0,01496	0,02590
SMITH	A(SMITH)	0,0259				
	B(SMITH)	-0,2355	0,9817	8,57711	0,40107	0,06306
OSWIN	A (OSWIN)	0,1823				
	B (OSWIN	0,5178	0,9730	11,14022	0,06914	0,04831
HALSEY	A (HALSEY)	12,6164				
	B (HALSEY)	-1,2381	0,9907	5,66346	0,38820	0,13648
CAURIE	a(CAURIE)	-1,6227				
	b(CAURIE)	0,4411	0,9593	16,57063	0,38032	0,04507
	C(CAURIE)	0,7078				
	mo(CAURIE)	0,9459				

m_o: Valor de la monocapa, A,C,B y k: constantes del modelo ERM%:Error medio relativo

R^2: Coeficiente de determinación SEM: Error estándar de humedad

FUENTE: Elaboración Propia (2019).

Tabla 23: Parámetros de ajuste de las isotermas de adsorción de la sangre de pollo deshidratada para los diferentes modelos matemáticos con sus respectivos coeficientes de determinación (R^2), Error relativo medio (ERM), Error estándar de humedad (SEM) y varianza, a la temperatura de 35ºC.

MODELO	PARAMETROS		R^2	ERM (%)	SEM	VARIANZA
GAB	C (GAB)	11,9090				
	K (GAB)	0,9801	0,9988	6,25601	0,00065	0,03878
	mo (GAB)	0,0596				
BET	C (BET)	12,7093				
	mo (BET)	0,0569	0,9932	4,68928	0,00336	0,00102
HENDERSON	A (HEN)	1,2003				
	B (HEN)	8,7360	0,9784	8,43722	0,01222	0,00565
SMITH	A(SMITH)	-0,0755				
	B(SMITH)	-0,2477	0,9425	36,16172	0,50959	0,07952
OSWIN	A (OSWIN)	0,1153				
	B (OSWIN	0,6260	0,9910	7,31723	0,02722	0,03398
HALSEY	A (HALSEY)	22,2078				
	B (HALSEY)	-1,2261	0,9906	5,38364	0,50579	0,06945
CAURIE	a(CAURIE)	-2,1230				
	b(CAURIE)	0,5830	0,9912	9,49290	0,47841	0,03153
	C(CAURIE)	0,6132				
	mo(CAURIE)	0,6407				

m_o: Valor de la monocapa, A,C,B y k: constantes del modelo ERM%:Error medio relativo

R^2: Coeficiente de determinación SEM: Error estándar de humedad

FUENTE: Elaboración Propia (2019).

6.3.5. Representación de las isotermas ajustadas a los 7 modelos matemáticos

En las figuras (14 al 22), se muestran los ajustes de cada una de los distintos modelos matemáticos a las temperaturas de 10, 25 y 35ºC, para la sangre de pollo deshidratada.

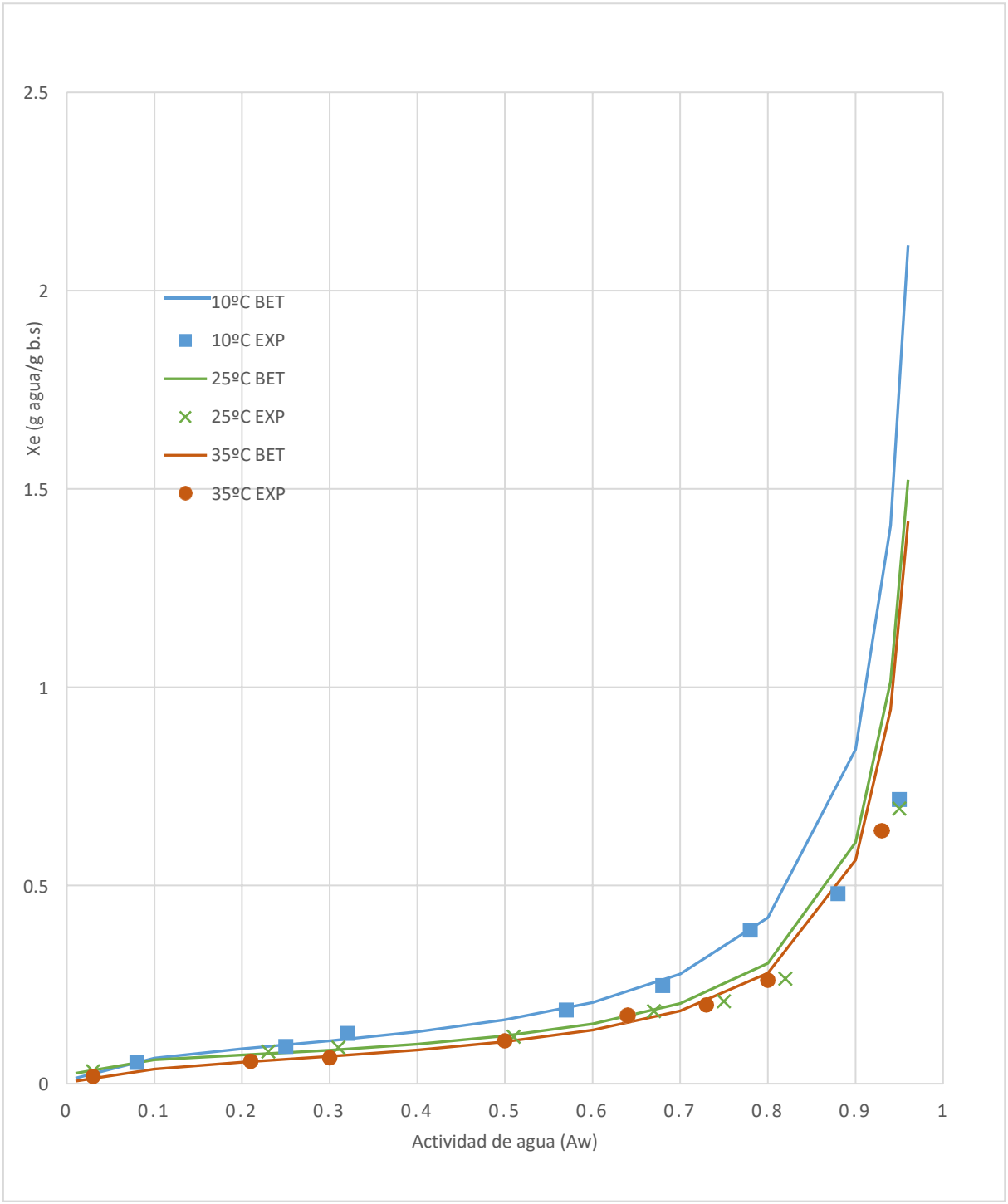

Figura 14. Isoterma de adsorción a las temperaturas de 10, 25 y 35ºC para sangre de pollo deshidratada, obtenida aplicando la ecuación de BET.

Fuente: Elaboración propia (2019).

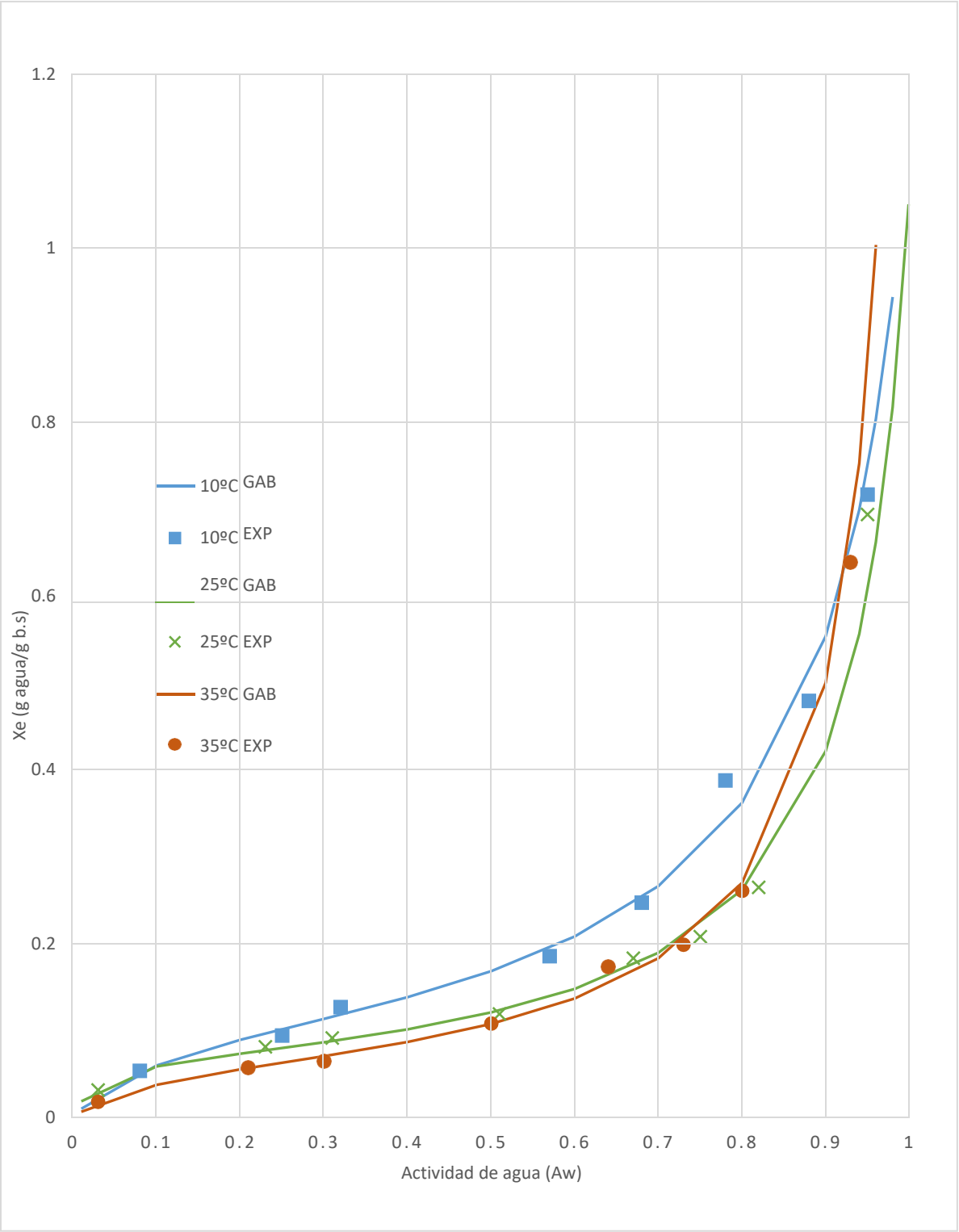

Figura 15. Isoterma de adsorción a las temperaturas de 10, 25 y 35ºC para sangre de pollo deshidratada, obtenida aplicando la ecuación de GAB.

Fuente: Elaboración propia (2019).

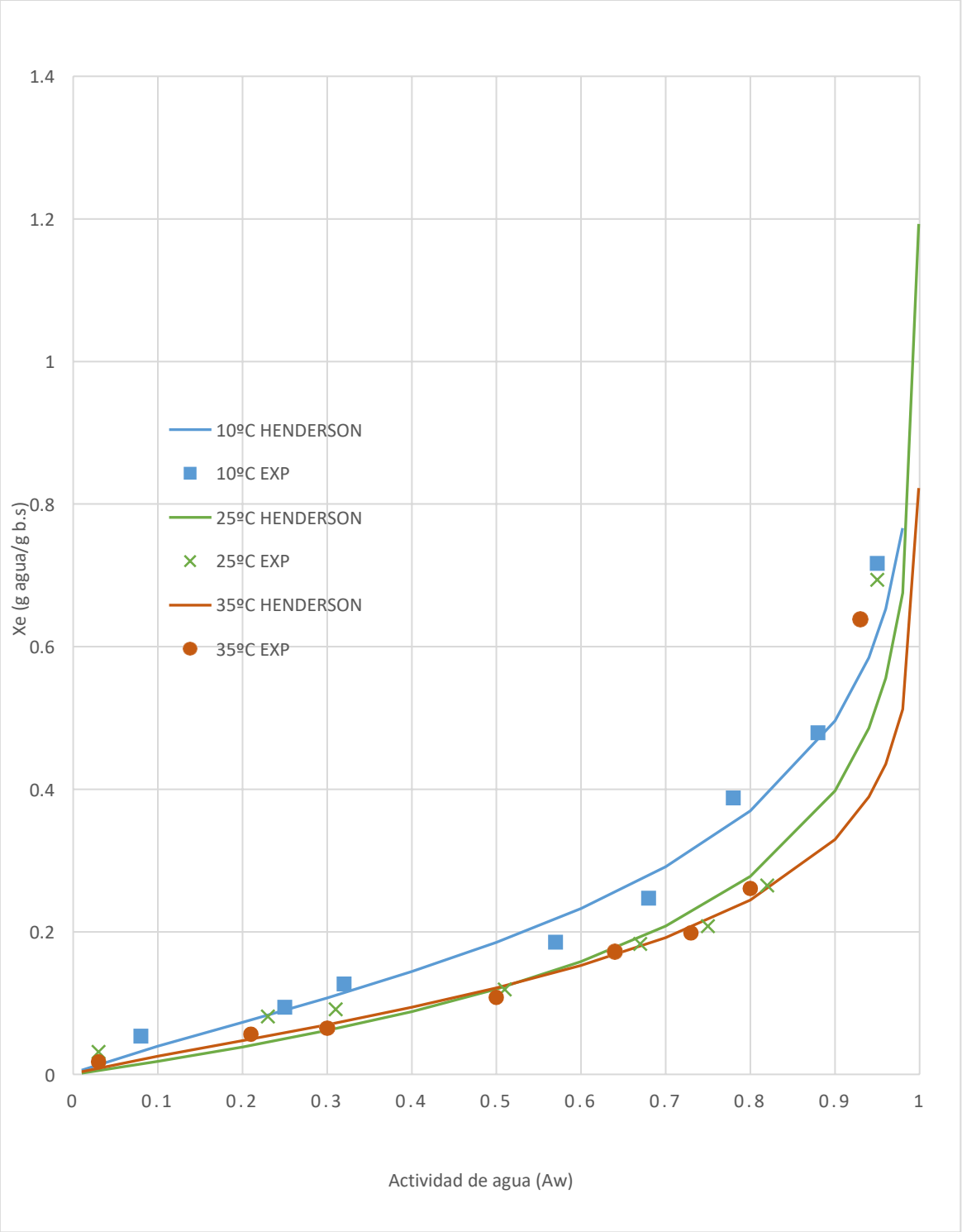

Figura 16. Isoterma de adsorción a las temperaturas de 10, 25 y 35ºC para sangre de pollo deshidratada, obtenida aplicando la ecuación de HENDERSON.

Fuente: Elaboración propia (2019)

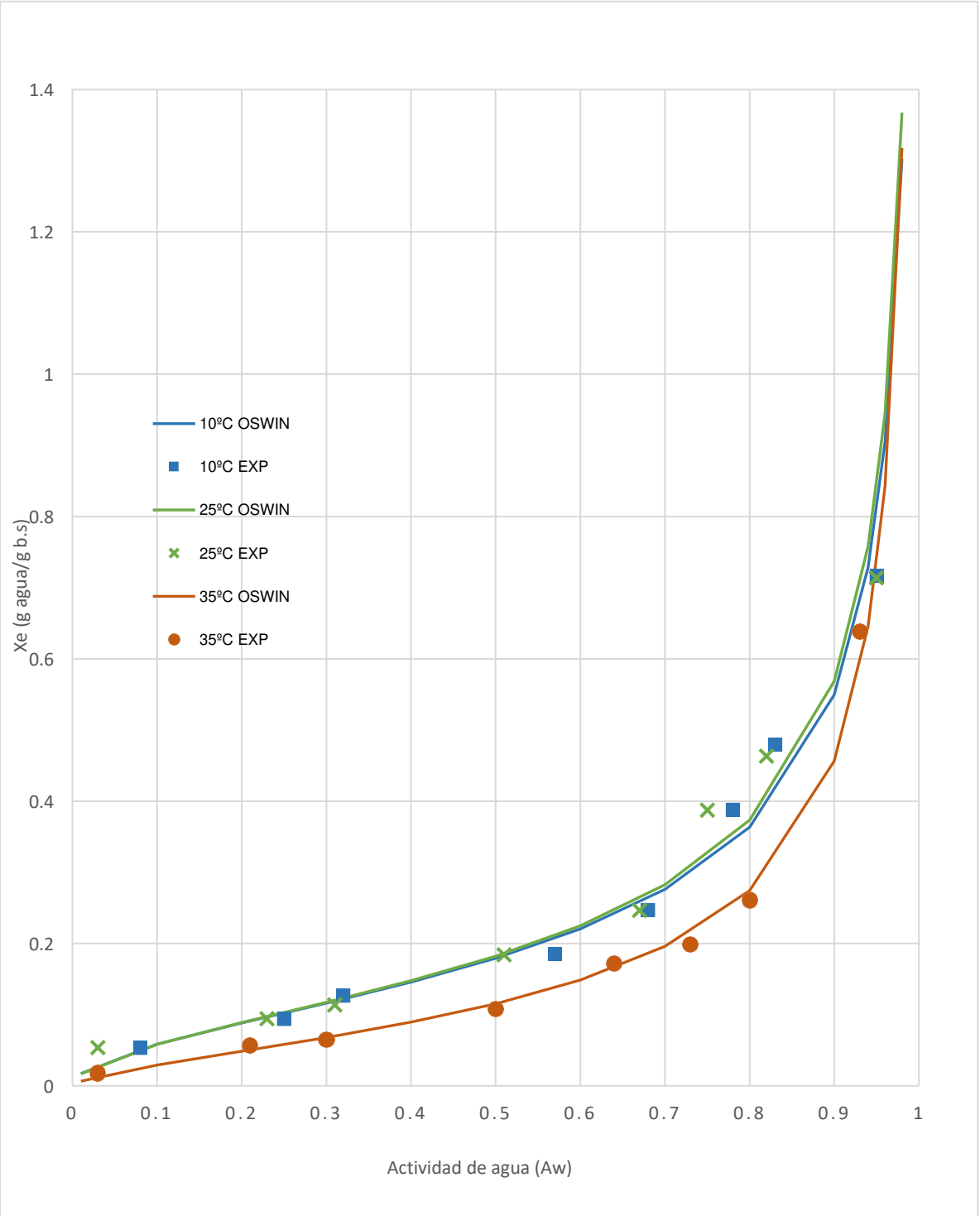

Figura 17. Isoterma de adsorción a las temperaturas de 10, 25 y 35ºC para sangre de pollo deshidratada, obtenida aplicando la ecuación de OSWIN.

Fuente: Elaboración propia (2019).

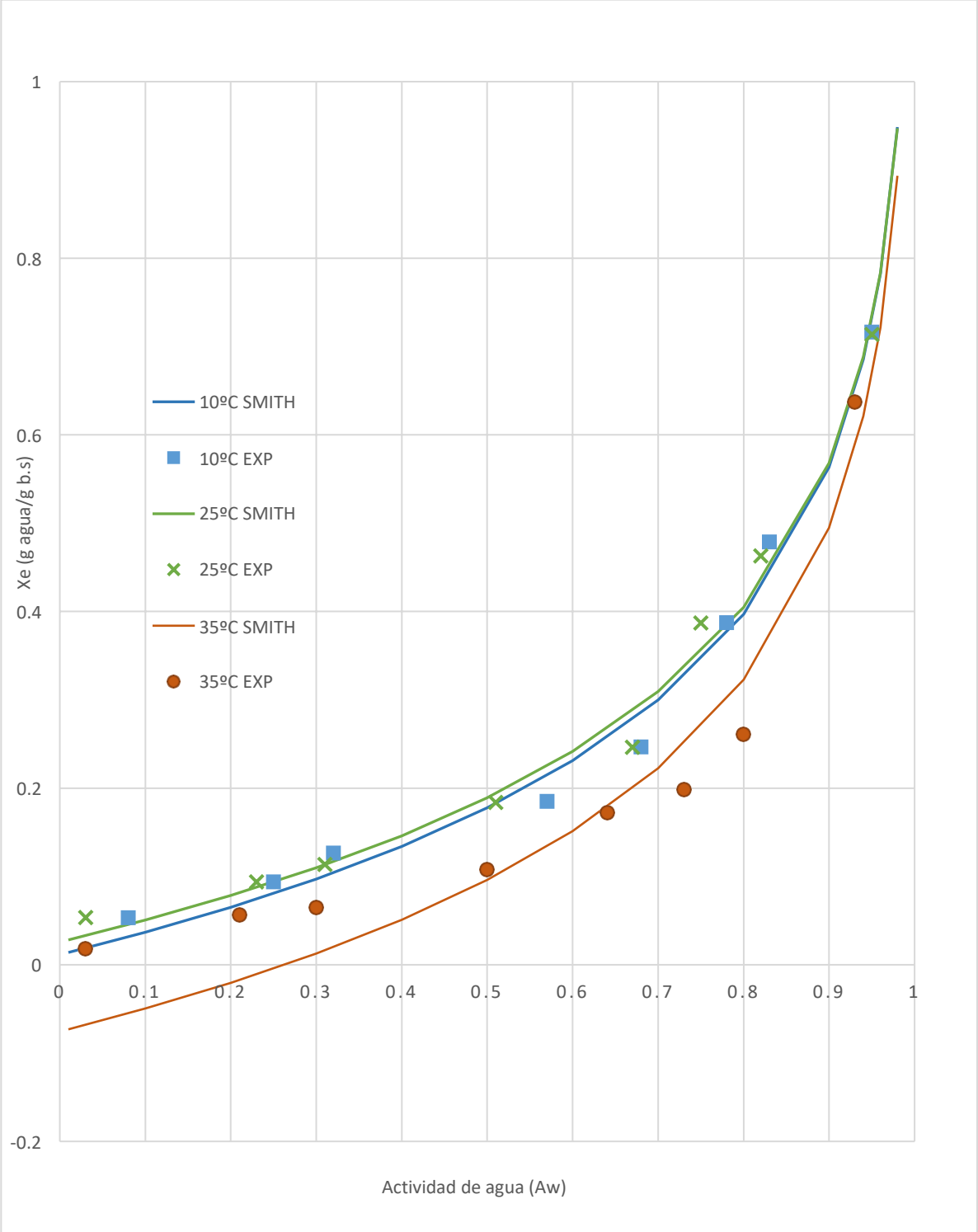

Figura 18. Isoterma de adsorción a las temperaturas de 10, 25 y 35ºC para sangre de pollo deshidratada, obtenida aplicando la ecuación de SMITH.

Fuente: Elaboración propia (2019)

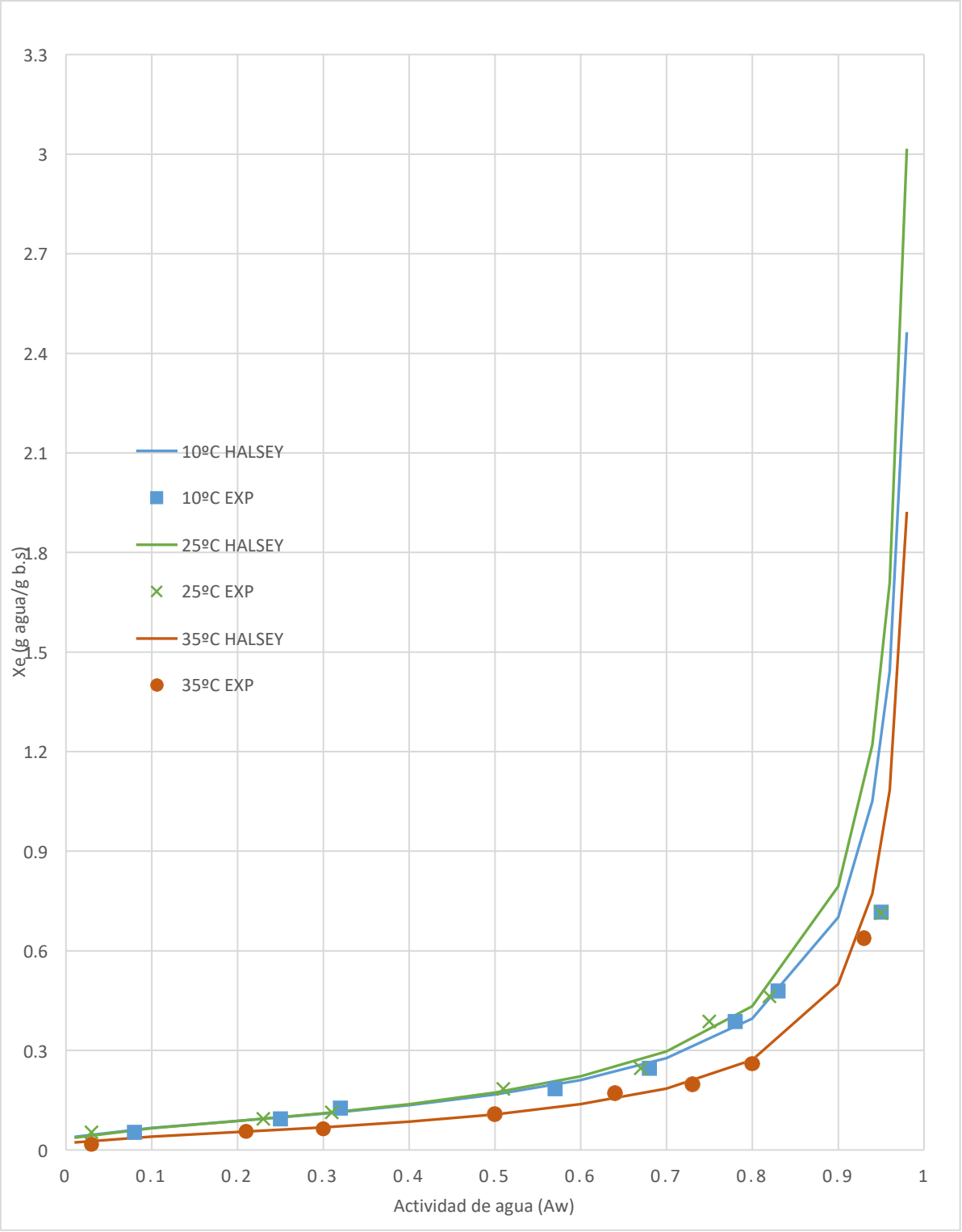

Figura 19. Isoterma de adsorción a las temperaturas de 10, 25 y 35ºC para sangre de pollo deshidratada, obtenida aplicando la ecuación de HALSEY.

Fuente: Elaboración propia (2019).

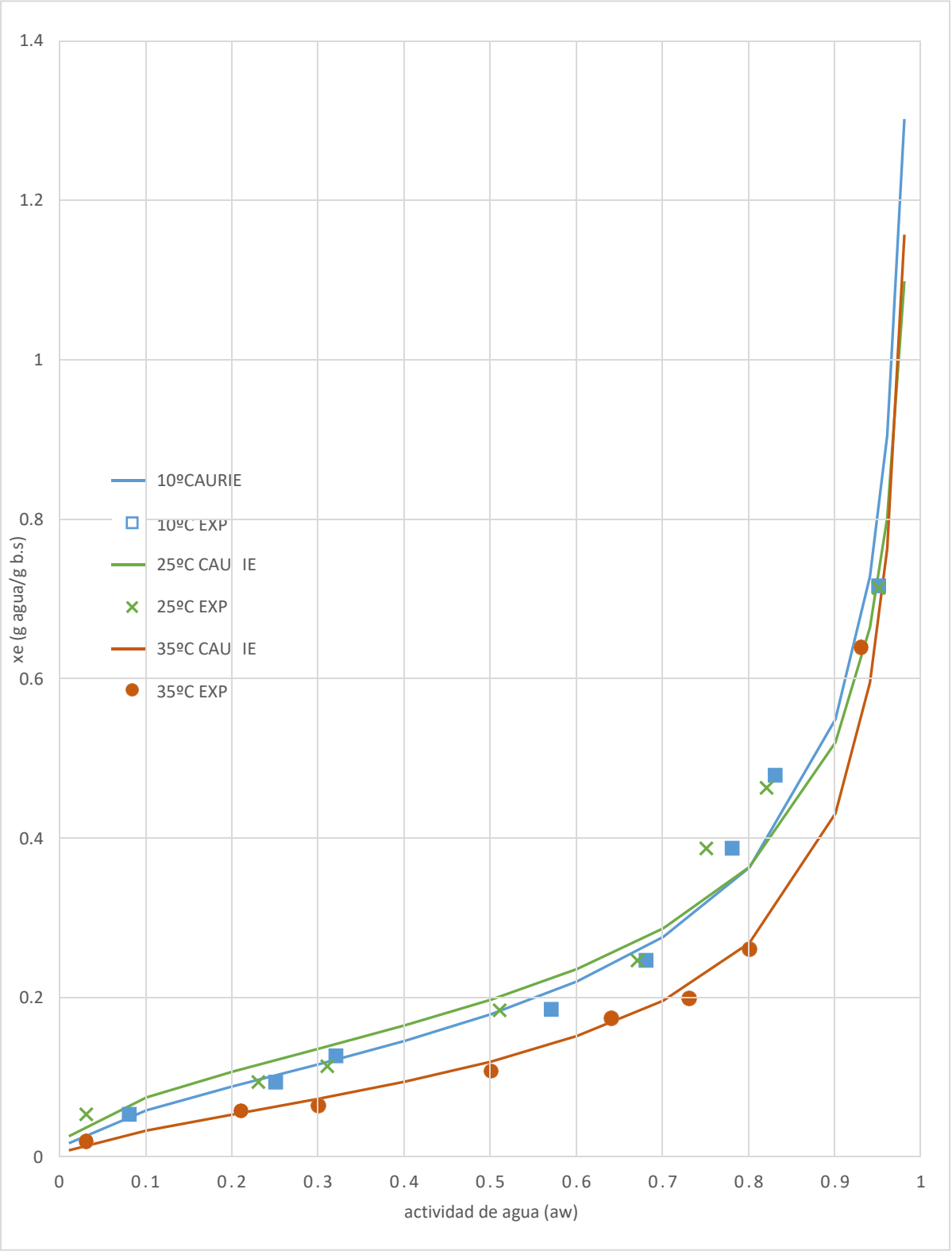

Figura 20. Isoterma de adsorción a las temperaturas de 10, 25 y 35ºC para sangre de pollo deshidratada, obtenida aplicando la ecuación de CAURIE.

Fuente: Elaboración propia (2019).

En las figuras (21 a 23), se muestran los modelos matemáticos que mejor se ajusta y representa a la isoterma experimental, para este esudio los modelos de GAB, BET y Halsey fueron los que mejores se ajustaron, a las temperaturas de 10, 25 y 35ºC para la sangre de pollo deshidratada.

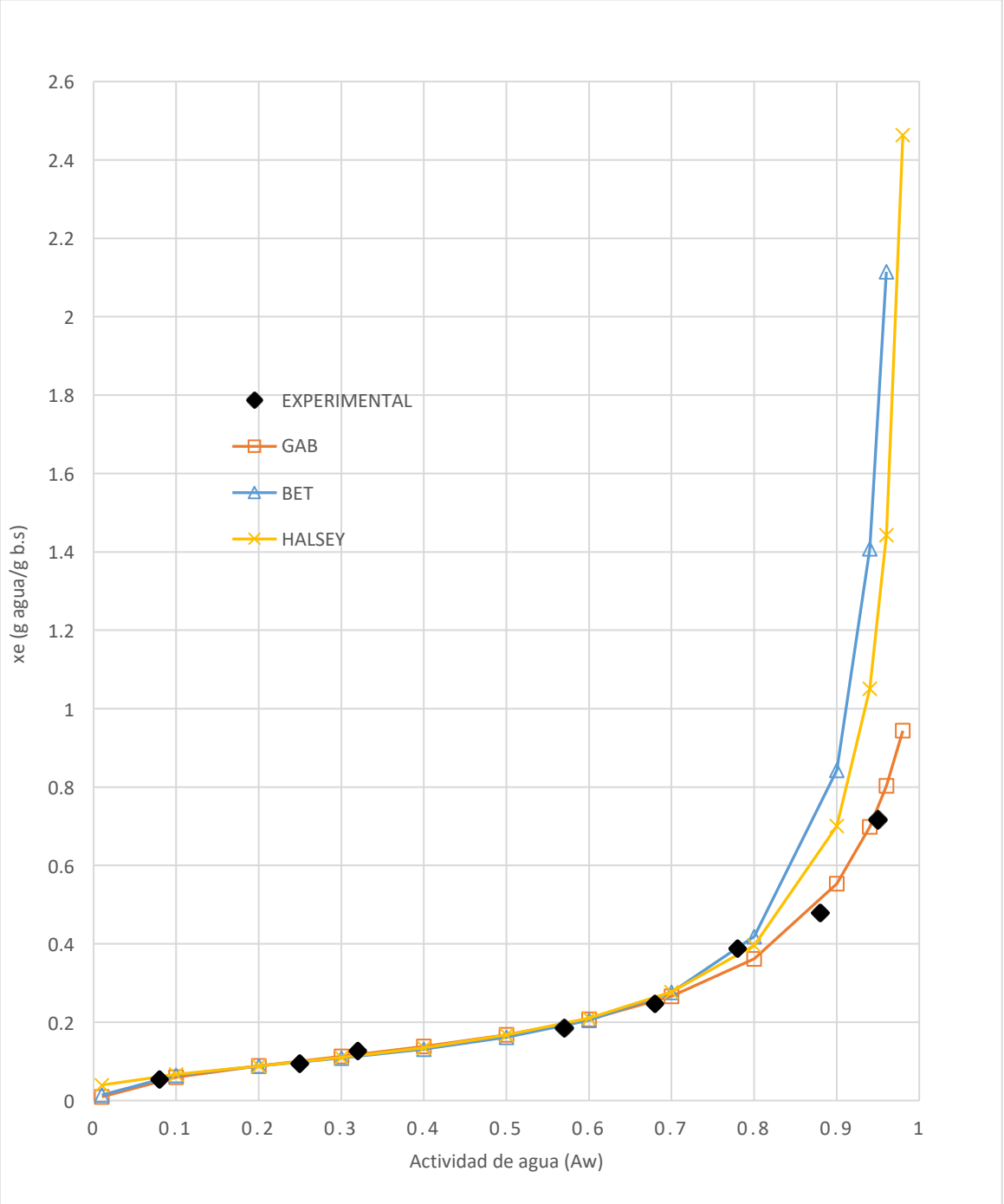

Figura 21. Isotermas de adsorción de sangre de pollo deshidratada ajustadas al modelo de GAB, BET y Halsey a 10ºC.

Fuente: Elaboración propia (2019)

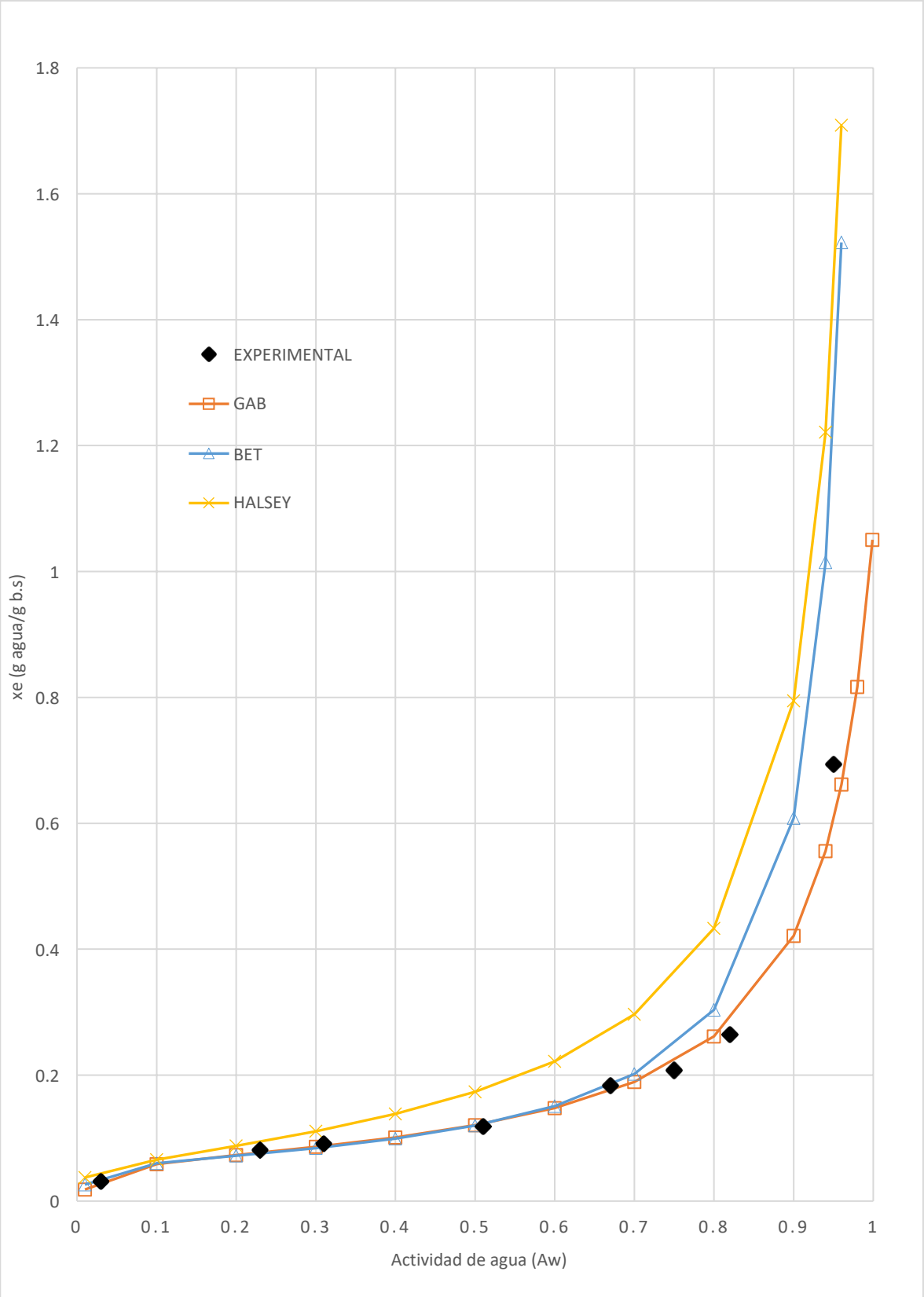

Figura 22. Isotermas de adsorción de sangre de pollo deshidratada ajustadas al modelo de GAB, BET y Halsey a 25ºC.

Fuente: Elaboración propia (2019)

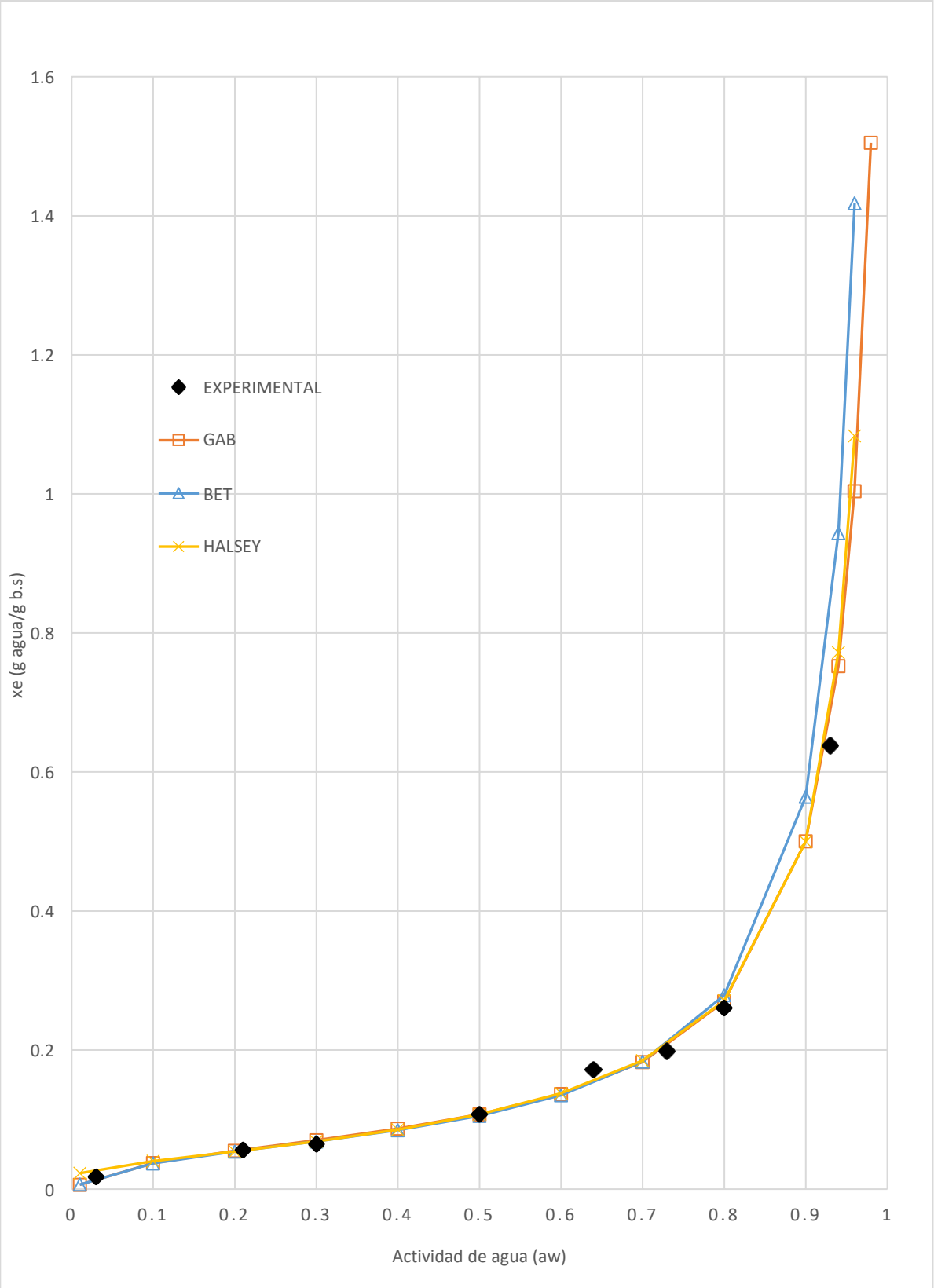

Figura 23. Isotermas de adsorción de sangre de pollo deshidratada ajustadas al modelo de GAB, BET y Halsey a 35ºC.

Fuente: Elaboración propia (2019).

6.4. Análisis estadístico

6.4.1. Influencia de la temperatura en la humedad de equilibrio

El análisis estadístico de la influencia de las temperaturas de 10, 25 y 35°C sobre la humedad de equilibrio de la sangre de pollo deshidratada se realizó a través del análisis de varianza de un diseño de bloques completamente al alzar (DBCA), con un nivel de confianza de α =0.05 los resultados se muestran en la tabla 24.

El planteamiento de la hipótesis para el ANOVA fue:

A. Análisis de varianza (anva o anova) para un DBCA

Hipótesis nula – H_o: No existe diferencia significativa de las temperaturas (35°C, 25°C y 10°C) sobre la humedad de equilibrio de la sangre de pollo deshidratada.

Hipótesis alterna – H_A: Existe diferencia significativa de las temperaturas (35°C, 25°C y 10°C) sobre la humedad de equilibrio de la sangre de pollo deshidratada.

Tabla 24. ANOVA de la influencia de la temperatura sobre la humedad de equilibrio de la sangre de pollo deshidratada.

Origen de las variaciones	*Grados de libertad*	*Suma de cuadrados*	*Media de cuadrados*	*Valor de F*	*Pr(>F)*	*Significancia*
Temperatura	2	0,0419	0,02097	11,55	0,00109	**
Actividad de agua	7	0,9200	0,13143	72,37	6,4 e-10	***
Residuales	14	0,0254	0,00182			

Signif. codes: 0 '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1

Evaluación a un nivel de significancia del 0,05

Fuente: Elaboración propia (2019).

Conclusión: Existe diferencia significativa de las temperaturas (35, 25 y 10°C) sobre la humedad de equilibrio de la sangre de pollo deshidratada, con un nivel de confianza del 95%.

B. Comprobando supuestos estadísticos:

a) Coeficiente de variabilidad (CV)

Para que un experimento sea aceptable el cv debe ser menor a 25%.

- CV = 18,67594

Conclusión: Los factores son homogéneos o no hay variabilidad entre los tratamientos.

b) Contraste de la normalidad mediante test de Shapiro

Hipótesis estadística:

Ho: los tratamientos tienen una distribución normal.

Ha: los tratamientos no tienen una distribución normal.

p-value = 0,0004866

Conclusión: Se rechaza el ho, los datos no siguen una distribución normal

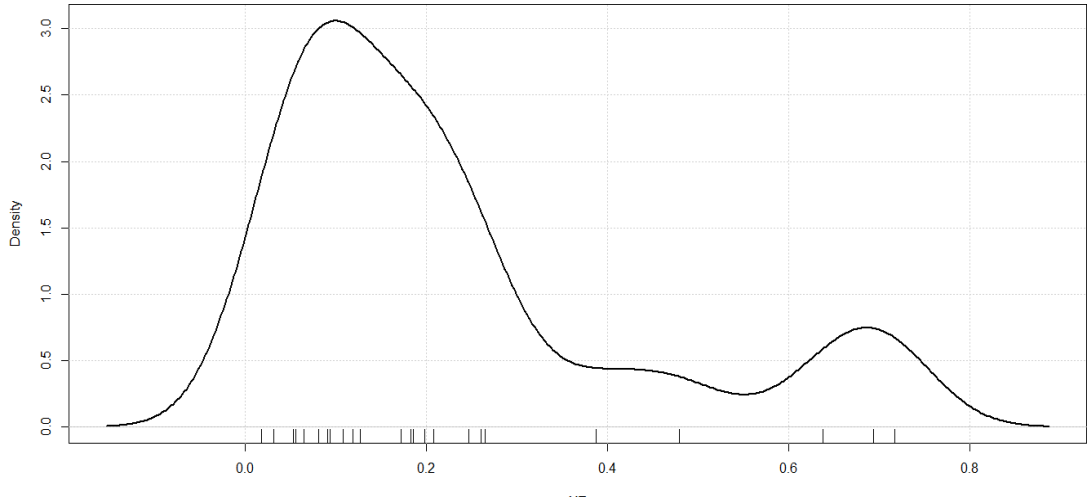

Figura 24: Densidades del contraste de la normalidad

Fuente: Elaboración propia (2019).

C. Comparación de homogeneidad de varianza (Test de Bartlett)

El test de Bartlett encuentra diferencias significativas entre las varianzas de las temperaturas sobre las humedades de equilibrio.

Hipótesis:

- Ho: No existen diferencias significativas en la variabilidad de los tratamientos T 10ºC, T 25ºC, T 30ºC.
- Ha: Existen diferencias significativas en la variabilidad de los tratamientos T 10ºC, T 25ºC, T 30ºC.

P-valué = 0,9415

Conclusión:

0,9415> 0,05 se rechaza Ho

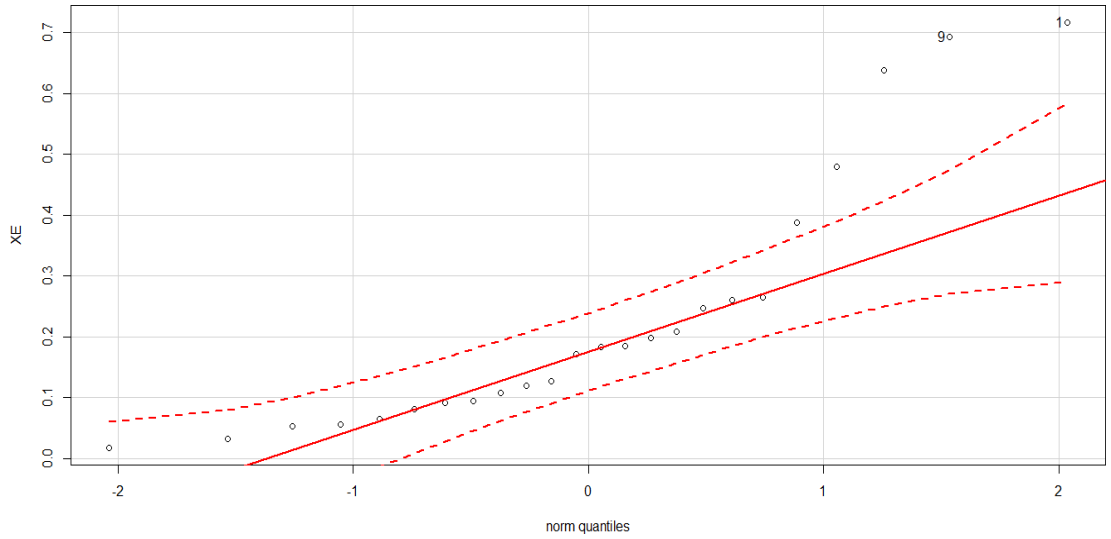

Figura 25: Homogeneidad de varianza de temperatura sobre la humedad de equilibrio

Fuente: Elaboración propia

D. Comparación de medias por Test de Friedman

Hipótesis:

Ho: No existe diferencias significativas entre los tratamientos

Ha: Existe diferencia entre las medias de los tratamientos.

Tabla 25: Datos estadísticos de Prueba de Friedman

Chisq	p.chisq	F	Valor F
16	0,0003354626	Inf	0

Fuente: Elaboración propia

Conclusión:

0 < 0,05 se rechaza Ho, existe diferencia significativa entre temperaturas con respecto a la Humedad de equilibrio.

Tabla 26: Comparación de medias de Prueba de Friedman

	Diferencia	Valor F	Significancia	LCL	UCL
T10 - T25	8	0	***	8	8
T10 - T35	16	0	***	16	16
T25 - T35	8	0	***	8	8

Fuente: Elaboración propia

Conclusión

P-value ó p.F (0) < alpha 0,05

SI existe diferencias significativas entre las temperaturas 10, 25 y 35°C

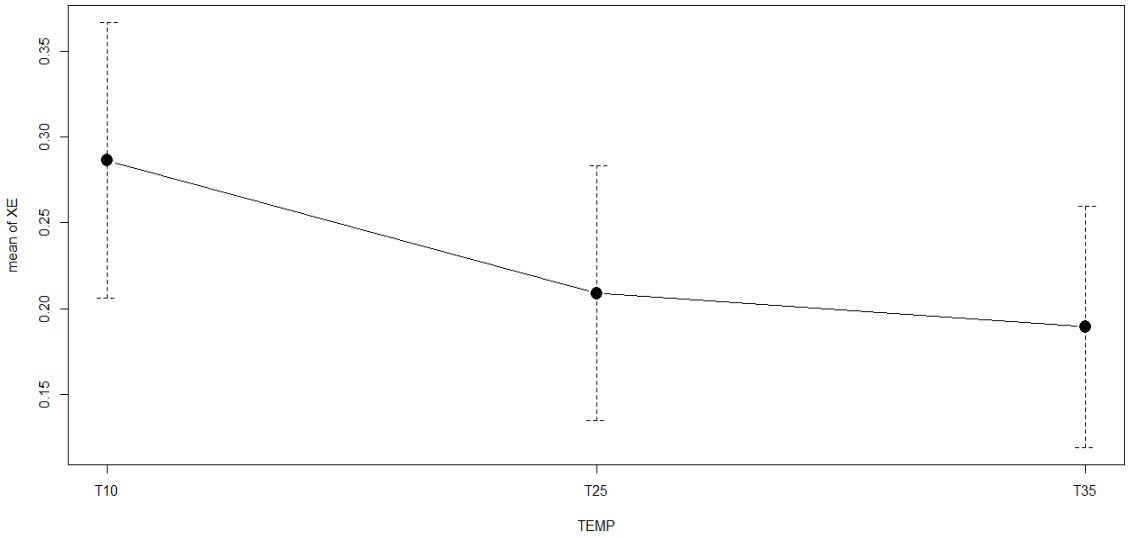

Figura 26: Comparación de medias de temperatura

Fuente: Elaboración propia

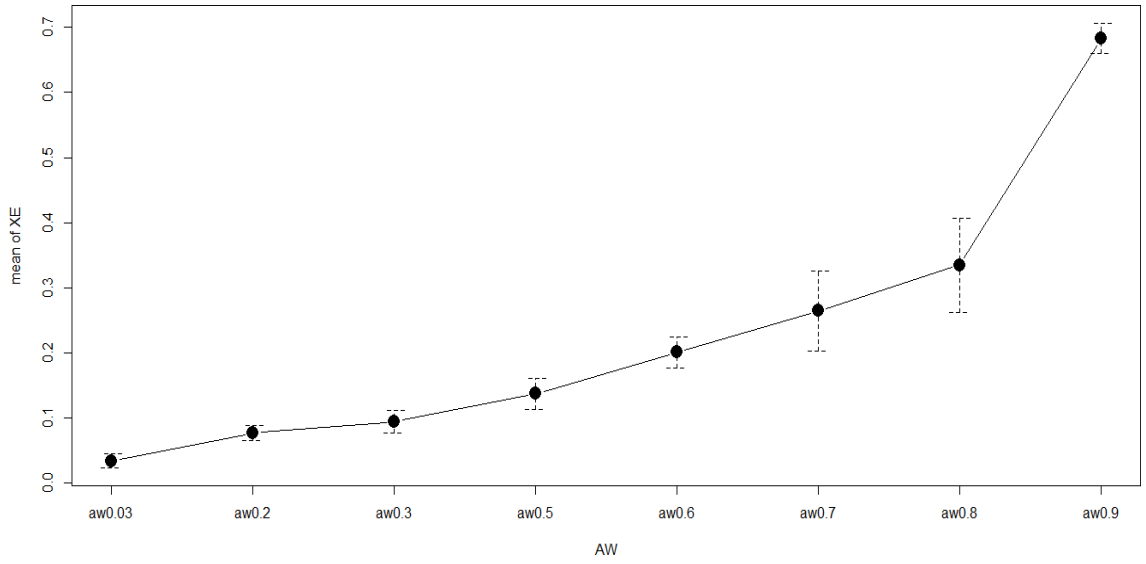

Figura 27: Comparación de medias del experimento

Fuente: Elaboración propia

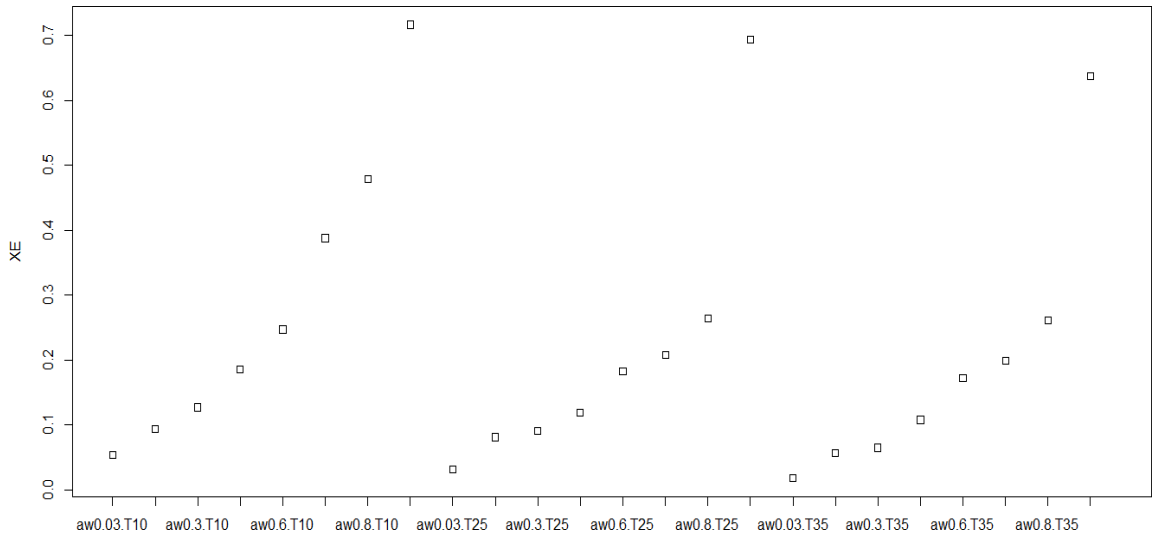

Figura 28: Comparación de medias de Xe Vs aw Vs Tº.

Fuente: Elaboración propia.

VII. DISCUSIONES

Las tablas 11, 12 y 13 evidencian que con el transcurrir del tiempo en el proceso de secado los pesos de las muestras van disminuyendo por la pérdida de agua de la sangre de pollo. Además, la velocidad con que se elimina agua va disminuyendo siendo mayor en los primeros 60 minutos, el tiempo de secado a 40ºC, 50ºC y 60ºC fue de 10, 9 y 8 horas respectivamente, observándose que el secado realizado a 40ºC fue el que más tiempo tardo, además que al aumentar la temperatura disminuye el tiempo de secado pues a 50ºC el tiempo fue reducido en 10% y a 60ºC reducido en 20%. Resultados similares fueron obtenidos por Valencia [54] donde el tiempo de secado para la obtención de sangre bovino deshidratado a 55ºC fue de 6,5 horas.

La figura 11, representa una curva típica para el secado, donde se observa el comportamiento decreciente de la curva con el incremento de la temperatura. Según Heldman y Lund citado por Galindo [93], manifiestan que este es el comportamiento característico del secado de alimentos; observándose en este caso, las tres regiones de la curva: el "periodo de calentamiento" (región A-B de la curva) que sucede hasta los 20 minutos a temperaturas de 40ºC y 50ºC, y 60ºC. La etapa de "velocidad constante" donde se ve la mayor pérdida de agua del producto (región B-C de la curva) y de donde se puede observar que para las temperaturas de 40ºC y 50ºC se dan hasta los 240 minutos, mientras que a 60ºC es hasta los 220 minutos. El periodo de "velocidad de secado decreciente" (región D-E de la curva) que sucede hasta los 600, 520 y 480 minutos a 40ºC, 50ºC y 60ºC respectivamente; comportamiento similar a la curva de secado de la salvia y el tomillo observado por Galindo [93].

La humedades de la sangre de pollo deshidratada a las tres temperaturas de secado son mostradas en la Tabla 15, donde se ve que a menor temperatura de secado es mayor la humedad de la muestra, obteniéndose humedades de 13.32% a 40ºC, 10.24% a 50ºC y 6,8% a 60ºC. Similares resultado obtuvo Lucas [94] con la sangre de bovino secada por atomización

con 6,23% humedad; la cual permitiría su almacenamiento a temperatura ambiente; al igual que Chang y Panduro [95] que obtuvieron una humedad de 8,47% de sangre de bovino en polvo. Para este caso la temperatura de 60°C está dentro del intervalo de humedades mencionadas en las referencias. Así mismo, la tabla 14, muestra los valores del coeficiente de determinación (R^2) de las curvas de secado a las tres temperaturas de trabajo (40ºC, 50ºC y 60ºC), de donde se observa que a 40ºC presenta un R^2 de 0,9789, a 50ºC de 0.9931 y a 60ºC un R^2 de 0.997, siendo éste último de mejor ajuste por ser más cercano a la unidad.

Los análisis fisicoquímicos muestran un alto contenido proteico de la sangre de pollo deshidratado, ya que contiene 77,9g/100g de muestra, similares resultados fueron obtenidos por Hernández y Fabián [96] con un contenido de 73,68 g/100g de muestra en sangre de bovino y por Lucas [94] con un contenido de 83,71 g/100g muestra. También se observó un alto contenido de hierro en la muestra de sangre de pollo deshidratado, con un valor de 144,84 mg/100g muestra, siendo éste superior a lo obtenido por Valencia F. [54] en el que 100g de muestra contenía 20,100mg de hierro en sangre de pollo deshidratada secada a 60ºC analizado por espectrofotometría, dicha diferencia del contenido de hierro puede deberse a las distintas metodologías empleadas para la determinación de hierro. Chang y Panduro [95] en su estudio la muestra de sangre bovino en polvo registro un contenido de 177 mg de hierro en 100g muestra, para Ramos [23] el contenido de hierro en harina de sangre bovina fue de 224,17 mg/100g muestra, datos muy parecidos a los conseguidos en el presente trabajo teniendo en cuenta que se trata de especies diferentes.

En los análisis microbiológicos se analizaron *Aerobios mesófilos, Coliformes totales, Staphylococcus aureus, Clostridium perfringes, Salmonella sp y Listeria monocytogenes* de lo establecido por NTS N° 071-2008 MINSA/DIGESA.V.01, Item X.11 Carnes y productos cárnicos, cabe mencionar que no existe un ítem que rija para la muestra como tal pero se ha utilizado el ítem mencionado como referencia y tomando los límites mínimos. Los resultados se muestran en la Tabla 17, en el diagrama de flujo puede observarse que el proceso para la obtención de la sangre de pollo deshidratada es relativamente largo lo que contribuye a

una contaminación por parte del ambiente, motivo por que puede deberse la presencia de *Aerobios mesófilos* en la muestra. Aun así los valores obtenidos son menores a los presentados por Maldonado D. [97] donde al analizar sangre de bovino secado por liofilización a una temperatura de 60ºC obtuvo 530 ufc/g en *Aerobios mesofilos y* 240 ufc/g para *Coliformes Totales* datos similares a los obtenidos en el presente trabajo con 270 ufc/g en *Aerobios mesofilos y* <10 ufc/g para *Coliformes Totales;* no evidencio presencia al igual que nuestro caso de *Salmonella sp.* y *Staphylococcus aureus*, Además Maldonado [97] menciona que "estadísticamente se observa que las temperaturas y los tratamientos ejercen un efecto significativo sobre los parámetros microbiológicos, es decir que entre más aumente la temperatura de secado más disminuye la cantidad de microorganismos presentes en la muestra".

Para considerar la temperatura de secado adecuada de la sangre de pollo deshidratada se respaldó de lo desarrollado por Maldonado, de acuerdo a los resultados que obtuvo de manera experimental y estadísticamente donde estableció que las mejores características tanto físicas (color), químicas (hierro y análisis proximal) y microbiológicas la presentó la sangre secada a la temperatura de 60ºC. Del presente trabajo también podemos mencionar que el secado a 60ºC evidencia un menor tiempo de secado facilitando así una menor exposición del producto, porcentaje de hierro y proteínas acorde a la bibliografía revisada, parámetros microbiológicos dentro de lo establecido por la normativa y porcentaje de humedad menor al 10% recomendado por Valencia [54] para una adecuada conservación donde no se ven alterado las caracteristicas de la muestra.

En la tabla 18, se muestra las comparaciones de las humedades relativas de equilibrio obtenidas de manera teórica, a partir de las ecuaciones de regresión lineal desarrolladas por Labuza citada por Pulla [89] (Tabla 10), y las obtenidas de manera experimental; se puede observar que los resultados experimentales se acercan bastante a los teóricos, demostrando así la efectividad al momento de realizar las soluciones saturadas para la realización de este

trabajo, las cantidades de las sales saturadas utilizadas junto con la de agua se exponen en la Tabla 9.

La tabla 19 se muestra la desviación estándar del promedio de las humedades de equilibrio en cada uno de los puntos experimentales, realizadas por triplicado, encontrándose en el rango de 0,0016 – 0,2171 que indicaría escasa variación de los resultados y un coeficiente de variación por debajo del 5%.

En la tabla 20, se puede observar como la humedad de equilibrio aumenta conforme aumenta la actividad de agua (aw) de las sales, demostrando la higroscopicidad de las muestras; asimismo se aprecia que la humedad de equilibrio se reduce con el aumento de la temperatura de 10ºC a 35ºC, según Rizvi citado por Pulla [89] menciona que la disminución del contenido de humedad de equilibrio al aumentar la temperatura en los procesos de sorción está relacionado a los cambios energéticos del sistema, indicando que el aumento de la temperatura torna termodinámicamente menos estables las moléculas de agua, es decir aumenta el grado de desorción molecular del agua sorbida en la superficie del sólido, llegando a mayores niveles de energía, favoreciendo de esta manera la ruptura de la ligación intermolecular entre el agua y los sitios de sorción, reduciendo por tanto el contenido de agua del producto. A medida que la temperatura varía, la excitación de las moléculas así como la distancia y por consiguiente la atracción entre moléculas también varía. Esto hace que la cantidad de agua sorbida cambie a medida que ocurre una variación en la temperatura a una determinada actividad de agua o humedad relativa. Vega [50], también ha explicado este comportamiento, sosteniendo que un aumento en la temperatura ocasiona cambios físicos y químicos en el producto, pudiendo reducir el número de sitios activos para que las moléculas de agua puedan enlazarse con los componentes del producto, tales como proteínas y minerales; otros autores [98] han manifestado que al aumentar la temperatura se incrementa el estado de excitación de moléculas de agua, ocasionando que se aumente la distancia entre las moléculas de agua y por consiguiente exista un decrecimiento en las fuerzas de atracción entre ellas.

En la figura 13 se muestran la gráfica de las isotermas de adsorción de la sangre de pollo deshidratado a las 3 temperaturas de trabajo (10ºC, 25ºC y 35ºC), según las curvas que se muestran se puede evidenciar que según la clasificación establecida por Brunauer et. al. [99], las cuevas presentan forma sigmoidea tipo II, que es el indicativo de una adsorción física en multicapa y característico en alimentos deshidratados. El comportamiento del tipo II de isotermas también han sido reportados en productos tales como el cangrejo de rio tropical (Procambarus claekii) [100], carne de res y cerdo [101], productos lácteos [102], sardinas de pescado [103], tilapia del Nilo [11], se realiza la comparación con estos productos ya que todos estos productos han pasado por un tratamiento previo de secado a la determinación de las isotermas al igual que para nuestro caso.

En la figura 13 también se puede evidenciar que solo posteriormente de una aw mayor a 0,65 se logra dar un entrecruzamiento de las gráficas de la curva, lo que se traduce como una independencia de las temperaturas de a las que se realizó este estudio, pues el aumento de la aw o humedad relativa del ambiente produce un incremento en la humedad de equilibrio de la sangre de pollo deshidratada. Según Vega [50] un mayor movimiento entre las moléculas de agua y demás componentes del alimento, sumado a de un incremento de la actividad enzimática son los que ocasionan el entrecruzamiento de las curvas. Además se evidencia que las muestras adsorbieron más agua a 10ºC, debido a que a temperaturas menores las moléculas de agua posees una energía cinética menor, que no es lo suficientemente necesaria p ara superar la energía de adsorción [104] .

Tal y como se puede apreciar en las figuras (14 a 22) las isotermas obtenidas mediante la aplicación de los modelos matemáticos de BET, GAB, Henderson, Oswin, Smith, Halsey y Caurie poseen morfología sigmoidea y pueden ser clasificadas como pertenecientes al tipo II de la clasificación de Brunauer [99].

Los resultados de los parámetros obtenidos para los modelos propuestos, se muestran en las tablas (21, 22 y 23), con sus referidas constantes, además de los valores de R^2 y del %ERM. En consecuencia, todas las ecuaciones planteadas mostraron un buen ajuste a los

datos experimentales, generando coeficientes de correlación (R^2) superior a 0,94 para las tres temperaturas de trabajo, pero los modelos que mejor se ajustan a los datos experimentales son las isotermas de GAB, BET y Halsey, los cuales presentan un coeficiente de determinación (R^2) 0,99; 0,98 y 0,98, Error medio relativo (%ERM) de 6,6161; 7,6676 y 6,6181 y un error estándar de humedad (SEM) de 0,0019; 0,0114 y 0,4291 respectivamente, para la isoterma de 10ºC. Así mismo para la isoterma a la temperatura de 25ºC los modelos de GAB, BET y Halsey presentan los siguientes valores R^2 de 0,97; 0,98 y 0,99 %ERM de 7,6416; 5,4002 y 5,6634 y SEM de 0,0003; 0,0105 y 0,3882 respectivamente; por ultimo para a isoterma a una temperatura de 35ºC los modelos de GAB, BET y Halsey presentan los siguientes valores R^2 de 0,99; 0,99 y 0,99 %ERM de 6,2560; 4,6892 y 5,3836 y SEM 0,0007; 0,0033 y 0,5057 respectivamente.

Resultados semejantes al reportado en este trabajo fueron observados por Delgado (105), quien determinó isotermas de adsorción y temperatura de transición vítrea para carne de pollo para temperaturas en el rango de 4º a 30ºC con ocho soluciones salinas distintas de donde el modelo de GAB y BET obtuvieron el mejor ajuste para todo el rango de actividad de agua y temperaturas, Sablani (103), determino las isotermas de sorción de las sardinas de pescado liofilizado a las temperaturas de 25, 40 y 50ºC, de donde la ecuación de GAB fue capaz de predecir el contenido de humedad de equilibrio (EMC) con un error relativo medio del 7.4% y coeficiente de correlación (R2) de 0.986; Gonzales [10] determinó que los modelos de mayor conveniencia para representar el vínculo entre la temperatura, el contenido de humedad en base seca y la aw para el jamón cocido a las temperaturas de 4ºC, 8ºC y 12ºC de donde los modelos matemáticos que mejor se ajustaron a los resultados obtenidos en el experimento fueron los modelos de GAB y BET, del mismo modo Agustinelli [9] en el estudio de filetes de caballa (Scomber Japonicus) frio deshidratados osmóticamente, exactamente en el proceso de ahumado, concluyo que los modelos de Oswin y Halsey con un R^2 de 0.957 y 0.978 respectivamente, fueron los más adecuados para ajustar las isotermas de sorción. Clemente [8] en su tesis del efecto de la contracción en la

cinética de secado de músculos de jamón evidencio que el modelo matemático de GAB tuvo el mejor ajuste del modelo matemático a todas los valores de aw trabajados en el estudio realizado de donde el error medio relativo (EMR) obtenido fue inferior al 6% a las distintas temperaturas de trabajo, a excepción de la temperatura de 30ºC que alcanzó un valor de 8,42%. Cabe mencionar que todos los ejemplos mostrados como ejemplo anteriormente presentaron una forma sigmoide tipo II, de acuerdo a la clasificación determinada por Brunauer et. al. [99], por ello la comparación con nuestro producto.

El valor de la humedad de la monocapa (X_m), puede definirse como aquel contenido de humedad del alimento en que toda el agua presente se organiza 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 [2], en el presente trabajo los valores de X_m obtenidos mediante los modelos de GAB y BET fueron muy similares, a diferencia del modelo de Caurie que proporcionó resultados algo superiores. Por ejemplo, los valores obtenidos para la muestra de sangre de pollo deshidratado a 35ºC, fueron 0.0596 con el modelo GAB, 0,0569 con el de BET y 0,6407 con el de Caurie, todos expresados como g agua/g masa seca. Los valores son similares con otros publicados en la literatura existente, donde Trujillo et. al [106] en su trabajo de investigación para carne magra de ternera para un rango de temperatura comprendido entre 5ºC y 40ºC obtuvo un valor de humedad en la monocapa de 0.0565 k agua/k bs; Rahman et. al [107] determinaron las isotermas de adsorción de carne liofilizada de atún en un rango de aw comprendido desde 0.113 a 0.877 de donde adquirieron el valor de la monocapa de 0.0883, 0.0633 y 0.0375 k.agua/k.bs para las temperaturas de 5ºC, 22ºC y 50ºC respectivamente.

Respecto a las diferencias observadas entre modelos, algunos autores han señalado que el valor de la humedad de la monocapa (X_m) calculados a partir de las ecuaciones de GAB son valores mayores a los que se obtienen con respecto a las ecuaciones de BET, del presente trabajo los valores obtenidos para la sangre de pollo deshidratada varia de 0.0596 a 0.1008 *g* H_2O/*g* m.s. de acuerdo con el modelo de GAB y de 0,0569 a 0,0848 *g* H_2O/*g* m.s. de

acuerdo con el modelo de BET, observándose que los valores de X_m del modelo de GAB son valores mayores a los que se obtienen con respecto a las ecuaciones de BET; tal como Clemente [8] quien estudio el efecto de la contracción en la cinética de secado del musculo de jamón mediante isotermas de adsorción a temperaturas de 25, 30, 35 y 40ºC y obtuvo valores de X_m de *GAB* comprendidas entre 0,0513 a 0,0570 *g* H_2O/*g* m.s. y de 0,050 a 0,046 *g* H_2O/*g* m.s. para BET, donde claramente se puede observar que los valores de la X_m son supeiores para GAB. Timmermann *et al* [108] cita una comparación entre estos modelos, el X_m no son iguales para los modelos matemáticos de GAB y BET, siendo en la gran mayoría de veces los resultados obtenidos por GAB mayores a aquellos calculados por BET, de la misma forma como fue para la sangre de pollo deshidratada.

Por otra parte, se puede evidenciar que tal como se muestra en las tablas de 18 a 20, una tendencia a la disminución de la X_m al aumentar la temperatura de entre 10ºC a 35ºC, este hecho también fue observado por Ekele [109] , en su trabajo titulado "Caracterización de Isotermas de sorción para productos de carne ahumada" donde trabajo a las temperaturas de 20ºC, 30ºC y 40ºC se evidencia que para los procesos de adsorción se da una disminución de la humedad de la monocapa al aumentar la temperatura de trabajo. De acuerdo con Iglesia y Chirife, citado por Nascimiento [110], el comportamiento de disminución de la X_m en comparación al aumento de la temperatura, se puede relacionar al comportamiento de las proteínas presentes en la sangre de pollo deshidratada y a la reducción del número de sitios activos para la unión con el agua, como resultado de los cambios físicos y químicos inducidos por la temperatura.

A través del análisis estadístico por ANOVA de diseño bloques completamente al azar (DBCA), se evaluó la influencia de la temperatura con respecto a la humedad de equilibrio de las muestras de sangre de pollo deshidratada, trabajadas a 10ºC, 25ºC y 35ºC, se halló que la temperatura tiene un efecto significativo sobre la humedad de equilibrio (Xe) un *p-value* < 0,05 es decir que las temperaturas de almacenamiento en un rango de 10 a 35 °C

influenciará significativamente en la humedad de equilibrio y esta última es claramente afín con la actividad de agua a través de las isotermas de adsorción.

VIII. CONCLUSIÓN

Se logró determinar los parámetros de %HR y Tº de almacenamiento mediante la estimación de las isotermas de adsorción que contribuyen a mantener las características de la sangre de pollo deshidratada, siendo %HR menores de 65% y a una temperatura entre 25-35ºC, dado que en tales condiciones no se producen reacciones químicas, reacciones enzimáticas de deterioro y crecimiento microbiano.

Se obtuvo sangre de pollo deshidratada con un valor de hierro de 144,84 mg/100g de muestra, proteína de 77,9g/100g de muestra y humedad de 4.7g/100g de muestra.

Se realizó los ajustes de los modelos matemáticos de GAB (de Guggenheim-Anderson-DeBOER), BET (de Brunauer, Emmett y Teller), Henderson, Halsey, Smith, Caurie y Oswin de la sangre de pollo deshidratada, a las temperaturas de 10ºC, 25ºC Y 35ºC, siendo la de mejor ajuste el modelo matemático de GAB para las temperaturas de 10ºC y 35ºC; y Halsey para la temperatura de 25ºC.

Se eligio la temperatura de secado de la sangre de pollo deshidratada bajo las condiciones de estudio a 60 ºC, por presentar un mejor ajuste en la regresion polinomica de las curvas de secado, ademas que no se ven alterado las caracteristicas fisicoquímicas ni microbilógicas

Las condiciones microbiológicas de la sangre de pollo deshidratado son aceptables para el consumo humano, cumpliendo con los parámetros microbiológicos establecidos por RM Nº591-2008 “Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano”.

RECOMENDACIONES

Si bien no fue objetivo de este trabajo realizar el calor esotérico de las muestras a las diferentes temperaturas de estudio la gran importancia del estado del agua en la relación que tiene con la fase solida del alimento, así pues es considerado como indicador de la medida de la energía libre de las fuerzas intermoleculares que se evidencia con la estabilidad tanto física, química como microbiológica del alimento.

La adsorción de vapor de agua por los alimentos depende de muchos factores, incluida la composición química, el estado físico-químico de los ingredientes, además de la estructura física de los mismos son importantes; por tanto para la caracterización de la sangre de pollo deshidratada también se podría considerar el tamaño de la partícula de la muestra con la que se ha trabajado.

IX. REFERENCIA BIBLIOGRAFÍA

1. Peralta G.D. Condiciones de almacenamiento de dos variedades de granos de kiwicha (amaranthus caudatus) a través de modelos matemáticos de isotermas de adsorción. Tesis pregrado. Andahuaylas, Peru : Universidad Nacional Jose Maria Arguedas , Facultad de Ingenieria ; 2001.

2. Fennema O.R. Quimica de los Alimentos. 2nd ed. Zaragosa - España : Acribia S.A.; 1993.

3. Colegios de Medicos del Perú. La anemia en el Perú. Reporte de Politicas de Salud. 2018; 1(1): p. 7.

4. Organizacion Mundial de la Salud (OMS). Plan nacional de reducción y control de la anemia en la población materno infantil en el Perú: 2017-2021. Informativo. Lima: Organizacion Mundial de la Salud (OMS); 2017.

5. Gallegos M.O. Evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales de una planta de procesos avícola. Tesis pregrado. Managua, Nicaragua : Universidad Nacional de Ingenieria , Facultad de Ingenieria Quimica ; 2012.

6. Ministerio de agricultura y riego. Pollo: Comercialización en Lima metropolitana. Nota tecnica Nº1. Lima : Viceministerio de Politicas agrarias , Dirección general de politicas agrarias (DGPA); 2018.

7. Miguel R.P. Efecto de las fluctuaciones de temperatura ambiente sobre el valor de la actividad de agua de un alimento deshidratado. 2010. Tesis pre-grado.

8. Clemente G. Efecto de la contracción en la cinética de secado de músculos de jamón. Tesis doctoral. Valencia, España : Universidad Politecnica de Valencia; 2003.

9. Agustinelli S.P. Estudio del proceso de ahumado frio de filetes de caballa (Scomber japonicus), evaluación y modelado de parámetros tecnológicos. Tesis doctoral. La Plata, Argentina : Universidad Nacional de La Plata; 2014.

10. Gonzales H.M. Determinación de isotermas de desorción en jamón de cerdo cocido almacenado entre 4ºC y 12ºC. Revista de la Facultad de Quimica Farmaceutica. 2013; 21(2): p. 97-106.

11. Ponwiboom N., Rojanakom T. Desorption isotherms and drying characteristics of Nile tilapia fish sheet. International Food Research Journal. 2017 Junio; 24(3): p. 1292-1300.

12. Viteri Fea. Hematological status of the central amaerican population, prevalence of individual with hemoblobin levels below normal. 1998..

13. Beltran F, Perdomo R. Aprovechamiento de la sangre de bovino para la obtención de harina de sangre y plasma sanguineo en el matadero Santa Cruz de Malambo Atlantico. 2007. Tesis de pre-grado.

14. Anson M, Mirsky A. Protein coagulatión and its reserval: the preparation of insoluble globin and heme. J Gen Physiol. 1930; 13(4): p. 469.

15. Ofori J, Hsieh Y. The use of blood and derived products as food additives. 2012. Food Additive.

16. Ministerio de Salud (MINSA). Tablas peruanas de composición de alimentos. Lima : Instituto Nacional de Salud , Centro Nacional de Alimentación y Nutricion ; 2009.

17. Ministerio de agricultura y riego. Informe sobre comercialización de pollo en Lima metropolitana y Callao. Primera edición. Lima: Dirección general de politicas agrarias (DGPA), Dirección de estudios economicos e información agraria; 2016.

18. Parés D, Saguer E, Carretero C. Blood by products as ingredients in processed. 42nd ed. JF K, editor. Walnut Street, PA, USA: Woodhead Publishing; 2011.

19. Gomez D. Estudio de gestion ambiental para la empresa avicola Agricola Mercantil del Cauca - AGRICCA S.A. Tesis de maestria. Manizales-Colombia: Universidad de Manizales; 2012.

20. J. C, al e. Evolucion del sistema de tratamiento de aguas residuales de industrias avicolas. Revista Cientifica. 2010; XX(4): p. 409-416.

21. Lucas AO. Evaluación nutricional de galletas fortificadas con sangre entera bovina secada por atomización. Tesis pre grado. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2005.

22. Fundación española para el desattollo de la nutrición (FEDNA). FEDNA. [Online].; 2015 [cited 2019 05 02. Available from: http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/harina-de-sangre-spray.

23. Ramos LC. Evaluación de la aceptabilidad de galletas nutricionales fortificadas a partir de sangre bovina para escolares a nivel primario que padecen anemia ferropenica. Tesis pre grado. Arequipa: Universidad de San Agustin; 2017.

24. Ishwarya SP, Anandharamakrishnan C, Stapley AG. Spray-freezedrying: a novel process for the driying of foods and bioproducts. Trends Food. 2015; 2(41): p. 161.

25. Belitz H. Quimica d elos alimentos II. 3rd ed. Zaragoza - España : Acribia ; 2012.

26. Carbajal A.A, Gonzales FM. Propiedades y funciones biologicas del agua. Tesis pre grado. Madris - España : Universidad Complutense de Madrid, Departamento de Nutrición ; 2012.

27. Rembado M, Sceni P. Quimica de los Alimentos. 1st ed. Rioplatense , editor. Buenos Aires - Argentina: Artes graficas; 2009.

28. Badui D.S. Quimica de los Alimentos. 4th ed. Mexico: Pearson Education; 2006.

29. Fennema O.R. Quimica de los Alimentos. 4th ed. Zaragoza - España : Acribia S.A.; 2000.

30. Martinez G.L. Efecto de la temperatura en isotermas de adsorción de aguaymanto (Physalis peruviana L.) deshidratada. Tesis pre grado. Trujillo - Peru : Universidad Nacional de Trujillo ; 2015.

31. Choque D. Evaluación de las isotermas de adsorción del Maíz Morado (Zea mays L.) variedad Canteño. Tesis de maestria. Cusco - Peru : Universidad Nacional de San Antonio de Abad; 2009.

32. Ramirez M. Determinación de isotermas de sorción en harina de maíz a tres temperaturas y su ajuste a modelos matemáticos. Tesis Maestria. Mexico : Instituto Politecnico Nacional , Escuela Nacional de Ciencias Biologicas ; 2012.

33. Comaposada J, Gou P, Arnau J. The effect of sodium chloride content and temperature on pork meat isotherms. Joutnal Meat Science. 200; 55(3): p. 291-295.

34. Pawkit F. Operator´s Manual water activity meter. 2001; 3(1).

35. Arevalo. Agua en los alimentos. Tesis pre grado. Iquitos - Peru : Universidad Nacional de la Amazonia ; 2017.

36. Curiel J. La actividad acuosa y los efectos del agua de confitería. Revista Industria Alimentaria. 2005; 27(4): p. 9-14.

37. Troller J.A. Influence of water activity on microorganismos in food. Food Technology. 1980; 34(12): p. 76-82.

38. Martinez , Andres A, Chiralt A, Fito P. Termodinámica y Cinética de Sistemas Alimento Entorno. Servicio de publicaciones. Valencia - España : Universidad Politecnica de Valencia ; 1998.

39. Marquez M.A. Influencia de encapsulantes e do metodo de secagen nas propiedades fisico-quimicas e atributos de qualidade de polpo de maracuja (passiflora edulis f. flavicarpa) em po. Tesis doctoral. Sao Jose do Rio Preto, Sao Paulo - Brasil : Universidad Estadual Paulista Julio Mesquita Filho , Ingenieria de Alimentos ; 2009.

40. Becerra C.E. Agua y Actividad de Agua. Tesis pre grado. Arequipa - Peru : Universidad Nacional San Agustin ; 2016.

41. Al-Muhtaseb A.H, McMinn AM, Magee RA. Water sorption isotherm of starch powders Part 1: mathematical description of experimental data. Journal of Food Engineering. 2004; 61: p. 297-307.

42. Lewis G.N. The osmotic pressure of concentrated solutions and the laws of the perfect solution. Journal of the American Chemical Society. Journal of the American Chemical Society. 1908;(30): p. 668-683.

43. Rodriguez J.A. Introducción a la Termodinámica con algunas aplicaciones de ingeniería. Universidad Tecnologica Nacional, Mecanica de fluidos y maquinal fluidodinamicas; 2009.

44. Villacorta C.L. Actividad de agua y las isotermas de adsorción en productos alimenticios. Tesis pre grado. Iquitos - Perú: Universidad de la Amazonia Peruana , Facultad de Ingenieria Alimentaria ; 2015.

45. Alvarado J. Propiedades termodinamicas relacionadas con el agua constitutiva de alimentos. 1st ed. Alvarado P, editor. Quito-Ecuador : Grafitext; 2012.

46. Kapsalis J.G. Influences of hysteresis and temperature on moisture sorption isotherms. In Beuchat LBRyLR, editor. Water activity: Theory and applications to food. New York: Marcel Dekker Inc; 1987.

47. Rahman M.S, Labuza TP. Actividad del agua y conservación de alimentos, En: Manual de conservación de los alimentos. In Rahman MS, editor. Manual de consevación de alimentos. Zaragoza ; 2002.

48. Aktas N, Gurses A. Moisture adsorption properties and adsorption isosteric heat of dehydrated slices of Pastirma (Turkish dry meat product). Journal of meat science. 2005; 71: p. 571-576.

49. Beuchat R. Microbial stability as affected by water activity. In Cereal foods world.; 1981. p. 345-349.

50. Vega G.A, Lemus MR, Lara AE. Isotermas de adsorción en Harina de Maíz (Zea mays L.). Revista de ciencia y tecnologia de alimentos. 2006; 26(4): p. 821-827.

51. Mortimore S, Wallace C. HACCP: Enfoque practico. In. Zaragoza, España : Acribia S.A.; 1996. p. 291.

52. Labuza T.P. Sorption phenomena in foods. Food Rechnology. 1968;: p. 15-23.

53. Fito MP, Andres G, Barat BJ, Albors SA. Introducción al secado de alimentos por aire caliente Valencia - España: Universidad Politecnica de Valencia; 2016.

54. Valencia F.R. Diseño de un secador a escala banco para la producción de harina de sangre de pollo. Tesis pregrado. Callao, Lima: Universidad Nacional del Callao , Facultad de Ingenieria Quimica ; 2016.

55. Otazu. Influencia de la temperatura y tiempo de secado en la calidad de hojas de Cymbopogon citratus D.C. Tesis pregrado. Minas Gerais, Brasil : Universidad Publica de Navarra , Escuel Tecnico Superior de Ingenieros Agronomos ; 2010.

56. Roman G.C. Secado de hojas de salvia (Salvia officinalis) y su influencia en el color y propiedades sensoriales. Tesis pre grado. Aprurimac - Peru : Universidad Nacional Jose Maria Arguedas; 2016.

57. Araujo C.M. Suco de camu-camu (Myrciaria dubia H. B. K Me Vaugh) microencapsulado obtido atraves de secagem por atomizacao. Tesis doctoral. Sao

Paulo, Brasil : Universidad Estatal de Campinas , Facultad de Ingenieria de Alimentos ; 2001.

58. Kurozawa L.E, El-Aouar AA, Murr FE. Obtencao de isotermas de dssorcao de cogumelo in natura e desidratado osmoticamente. Ciencia y Tecnologia de los Alimentos. 2005; 25(4): p. 828-834.

59. Gutierrez B.J. Determinación de las isotermas de adsorción de la harina de plátano verde (Musa paradisiaca L.) en Puerto Maldonado. Tesis pre grado. Madre de Dios, Peru : Universidad Nacional de Puerto Maldonado ; 2014.

60. Viccina G. Determinación de las Isotermas de Sorción del Romero (Rosmarinus o.fficinalis L.) y la Salvia (Salvia officinalis L.). Tesis pre grado. Lima, Peru : Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Industrias Alimentarias ; 2006.

61. Bobbio F.O, Bobbio PA. Introdução a Química de Alimentos. 4th ed. Sao Paulo, Brasil: Varela; 1992.

62. Martin S.J. Cinética de Sorción de Humedad en productos de molinería de Obtención acelerada datos y caracterización matemática. Tesis de maestria. Cordova- España: Universidad de Cordova, Facultad de Veterinaria-Departamento de Bromatologia y Tecnologia de los Alimentos; 2015.

63. Huaman Y.B. Isotermas de adsorción de la harina de castaña (Bertholletia excelsa h.b.k) en la región de Madre de Dios. Tesis pre grado. Puerto Maldonado, Peru: Universidad Nacional Amazonica de Madre de Dios; 2016.

64. Matos C.R. Evaluaci´´on de modelos matematicos de isotermas de sorción en Oca (Oxalis tuberosa mol), Olluco (Ullucus tuberosus loz) y algunos derivados. Tesis de maestria. Lima, Peru : Universidad Nacional Agraria La Molina ; 1992.

65. Alves C.O. Pós obtidos da polpa de pequi (caryocar brasiliense camb.) liofilizada: higroscopicidade e microestrutura. Tesis mestria. Lavras: Universidad Federal de Lavras; 2007.

66. Sun D.w, Woods L. The selection of sorption isotherm equation for wheat based on the fitting of available data. Journal of stored products research. 1994; 30: p. 27-43.

67. Belghit A, Kouhila M, Boutaleb B. Etude expérimentale due la cinétique de séchage de la verveinre Lippia citriodora. Revue des Energies Renouvelables. 1999; 2(1): p. 17-26.

68. Faria L.J, Rocha SC, Costa CM. Determination and analysis of adsorptions isotherms and isosteric heats of annatto (Bixa Orellana L.) seeds. In Proceeding of the 11th International Drying Symposium; 1998; Thessaloniki, Greece.

69. Ovalle F.J. Evaluación de isotermas de adsorción en harina de Pijuayo (Bactris gasipaes). Resis pre grado. Puerto Maldonado, Peru: Universidad Nacional Amazonica de Madre de Dios ; 2015.

70. Barbosa-Canovas G, Vega-Mercado H. Deshidratacion de alimentos Zaragoa, España : Zaragoza S.A. ; 2000.

71. Gabas A.L. Secagem de Uva Itália em Leito Fixo. Tesis maestria. Sao Paulo, Brasil: Universidad Estadual de Campinas , Facultad de Ingenieria de alimentos ; 1998.

72. Lutovska M. Different methods of equilibrium moisture content determination. Original Scientific Paper. Respublica de Serbia: University of Novy Sad, Faculty of Agriculture; 2017.

73. Van der Beng C, Bruin. Water activity in food systems. In Stewarts LBR&GF, editor. Theorical aspects in water activity: Infkuence in food quality. New York : Academic Press; 1981. p. 12-45.

74. Chowdhuri M.M, Huda M.D, Hossain M.A, Hassan M.S. Moisture sorption isotherms for mingbean (Vigna radiata L.). Journal of Food Engineering. 2006; 74: p. 462-467.

75. Viades T. Adsorción de agua en alimentos. Isoterma de adsorción de Guggenheim, Anderson y de Boer (GAB). In Seminario de Investigacion: Fenomenos de superficie; 2008; Postgrado en Ciencias Quimicas, UNAM. Mexico.

76. Shafiur. Manual de Conservación de los Alimentos. 1st ed. España : Acribia; 2003.

77. Sulamytha T. Comportamento hidroscopico de pos de diferentes variedades de manga (Mangifera indica L.). Tesis de maestria. Fortaleza, Brasil : Universidad Federal do Ceara , Deparamento de Tecnologia de Alimentos ; 2009.

78. Zug J. Isotermas de adsorción: Bases Mecanico - Estadisticas. Tesis. Buenos Aires, Argentina : Universidad de Buenos Aires , Facultad de Ingenieria ; 2002.

79. Sandoval A.J, Barreiro JA. Water sorption isotherms of non-fermented cocoa beans (Theobroma cacao). Journal of Food Engineering. ; 51(2): p. 119-123.

80. Lima E.E. Producao e armazenamento da farinha de facheiro (Cereus squamosus). Tese de mestrado. Paraiba, Brasil : Universidad Federal de Campina Grande , Area de concentracao em armasenamento e processamento de produtos agricolas; 2006.

81. Abramovic H, Klofutar C. Water adsorption isotherms of some gellan gum samples. Journa of Food Engineering. 2006; 77: p. 514-520.

82. Calvo R.A, Mayor LL, Moreira MR. Determinación experimental y modelización de isotermas de sorción de agua de hojas de alcachofa. Tesis de maestria. Valencia, España : Universidad Politecnica de Valencia ; 2010.

83. Cortes B.F. Evaluación de las propiedades termodinámicas de sorción de la Uchuva (Physalis peruviana l.). Revista de Biotecnologia en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. 2012; 10(1): p. 32-41.

84. Fadini AL, Pereira PM, Pereira DC, Zarati F, Bonifacio M. Isotermas de sorcao de unidades e estudo de estabilidade de Macadamias Drageadas. Journal of Food Tecnology. ; 9(2): p. 83-88.

85. Resende O, Correa PC, Duarte AL, Menezes D. Isotermas e calor isosterico de sorcao do feijao. Ciencia y tecnología de alimentos. Ciencia y Tecnologia de Alimentos. 2006; 26(3): p. 626-631.

86. NTP- ISO. 1442-2006. Carne y productos carnicos. Medicion del contenido de humedad. Lima, Peru :; 2006.

87. Ministerio de Salud (MINSA). NTP Nº 071 MINSA/DIGESA.V.01 "Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano". 2008..

88. Kiranoudis C.T. Equilibrium moisture content and heat of desorption of some vegetables. Journal of Food Engineering. 1992; 20(2): p. 55-74.

89. Pulla H. Determinación de las isotermas de adsorción del ají (Capsicum annuum L.) seco. Tesis pregrado. Iquitos, Peru : Universidad Nacional de la Amazonia Peruana , Facultad de Ingenieria ; 2011.

90. Cerviño V, al. e. Obtención y Modelado de Isotermas de Sorción de caramelos Gummy de Batata. III Congreso Argemtino de Ingenieria. Argentina : Universidad Nacional del Noroeste; 2016.

91. Labuza T.P. Influence of relative humidity of the physicochemical state of lactosa in Spray-dried sweet whey powders. Journal of foods processing and preservation. 1980; 45(5): p. 31-36.

92. Betiol L.F. Estudo das isotermas de adsorcao do bagaco de mandioca proveniente da industria de fecula. Tesis maestria. Sao Jose do Rio Preto : Universidad Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho; 2016.

93. Galindo C. Secado de hojas de salvia (Salvia officinalis) y su influencia en el color y propiedades. Tesis de pregrado. Andahuaylas, Apurimac : Universidad Nacional Jose Maria Arguedas ; 2016.

94. Lucas A.O. Evaluación nutricional de galletas fortificadas con sangre entera de bovino secada por atomización. Tesis maestria. Lima, Peru: Universidad Nacional Mayor de San Marcos , Facultad de Farmacia y Bioquimica ; 2005.

95. Chang EI, Panduro RX. Sangre bovina en polvo para fortificacion de galletas. Tesis pregrado. Iquitos, Peru : Universidad Nacional de la Amazonia Peruana , Bromatologia y Nutricion Humana ; 2017.

96. Fabian R.H, Hernandez AJ. Uso de siferentes porcentajes de harina de sangre bovina como complemento en la ración alimenticia de la codorniz japonesa (Coturnix coturnix Japonica) durante la fase de engorde. Tesis pregrado. San Vicente, El Salvador : Universidad de El Salvador , Departamento de Ciencias Agronomicas ; 2011.

97. Maldonado D. Desarrollo de un proceso tecnologico para la producción de harina de sangre bovina que pueda ser usada como fuente de hierro. Tesis pregrado. Guatemala : Universidad de San Carlos de Guatemala , Facultad de Ingenieria ; 1989.

98. Ayala A.A. Estimación de las isotermas de adsorción y del Calor isosterico en harina de yuca. Revista de Biotecnologia en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. 2011; 9(1): p. 88-96.

99. Brunauer S, Deming L, Demming W, Troller E. On the theory of Van der Waals adsorption of gases. Journal of the American Chemical Society. ; 62: p. 1723-1732.

100. Ariahu C, Kaze S, Achem C. Moisture sorption characteristics of tropical fresh water crayfish (Pocambarus clarkii). Journal of food engineering. 2006; 75(3): p. 355 - 365.

101. Wen Su D, Delgado. Desorption isotherms for cooked and cured beef and pork. Journal of food engineering. 2002 February; 51(2): p. 163-170.

102. Sawhney I, Giardhari. Effect of temperature on the moisture sorption isotherms of heat-treated whole milk products. Journal of Cambridge University. 1991 August ; 58(3).

103. Sablani S, Myhara R, Mahgoub Z. Water sorption isotherms of freeze dried fish sardines. Journal drying technology. 2001; 19(3-4).

104. Galvez V.A. Isotermas de adsorción en harina de maíz (Zea mays L.). Revista Ciencia y Tecnologia de los Alimentos. 2005; 26(4): p. 821-827.

105. Delgado A, Dan-Wen S. Desorption isotherms and glass transition temperature for chicken meat. Journal of Food Engineering. 2002; 55(2): p. 1-8 pgs.

106. Trujillo F, Yeow P, Pham Q. Moisture sorption isotherms of fresh lean beef and external beef fat. Journal of food Engineering. 2003; 60(4): p. 357-366.

107. Rahman M, Sablani S, Al-Ruzeiqi M, Guisan. Water adsortion isotherms of freeze-dried tuna meat. Transaction of the American Society of Agricultural Engineers. 2002; 45(3): p. 767-772.

108. Timmerman E.O, Chirife J, Iglesias HA. Water sorption isotherm of foods and foodstuff: BET or GAB parameters. Journal of Food Engineering. 2001; 48: p. 19-31.

109. Ekele, D. Physicodhemical, sensorial and moisture sorption characteristics of intermediate moisture smoked meat products. Tesis pregrado. Nsukka: University of Nigeria , Departament of food science and technology ; 2016.

110. Nascimiento F.M. Secagem e armazenamento de polpa de pitanga (Eugenia uniflora L.). Tesis maestria. Paraiba, Brasil: Universidad Federal de Campina Grande ; 2006.

111. Ministerio de Salud. Situación de deficiencia de hierro y anemia. Informativo. Panama: Organización Panamericana de la Salud , Fondo de las Naciones Unidas para la infancia (UNICEF); 2006.

112. Organización Mundial de la Salud (OMS). Concentración de hemoglobina para diagnosticar la anemia y evaluar su gravedad. Informativo. Ginebra : Organización Mundial de la Salud (OMS); 2011.

113. Jesus F.H. Prevalencia de anemia en gestantes del centro de salud, San juan de lurigancho, enero-octubre 2015, Lima. 2017. (Tesis pre-grado).

114. Walter T. Effect of iron-deficiency anaemia on cognitive skills and neuromaturation in infancy and childhood. Food and Nutricion Bulletin. 2003; 24(4).

115. Instituto Nacional de Estadistica e Informatica (INEI). Indicadores de resultados de los prgramas presupuestales, primer semestre 2018. Informativo. Lima : Ministerio de economia y finanzas , Instituto Nacional de Estadistica e Informatica (INEI) ; 2018.

116. Ministerio de Salud (MINSA). RM Nº028: Guia de práctica clinica para el diagnostico y tratamiento de la anemia por deficit de hierro en niñas, niños y adolescentes en establecimientos de salud de primer nivel de atención. 2015. Lima-Peru.

117. Instituto Nacional de Salud (INS). Tabla de composición de alimentos. 2009..

118. Balarajan Y, Ramakrishnan U, Olzatrin E. Anaemia in low-income and middle-income countries. 2011..

119. Gaitan D.C, Manuel O.G, Miguel A.O, Pizarro F.A. Biodisponibilidad de hierro en humanos. Revista Chilena de Nutricion. 2006; 33(2): p. 142-148.

120. Hurrel R. How to ensure adequate iron absorption fron iron-fortified food. Nutricion reviews. 2002; 60(7): p. 7-15.

121. Guevara P.D. Condiciones de almacenamiento de dos variedades de grano de kiwicha (Amaranthis caudatus) a través de modelos matemáticos de isotermas de adsorción. tesis pregrado. Andahuaylas, Peru : Universidad Nacional Jose Maria Arguedas ; 2014.

122. Yupanqui A.L. Isoterma de adsorción de harina de tres variedades de quinua (Chenopodium quinoa willd) malteada. Tesis pre grado. Trujillo, Peru : Universidad Nacional de Trujillo ; 2017.

123. Muratona S. Isotermas de adsorción y desorción de agua en leche descremada en polvo. Avances en Ciencia e Ingenieria. 2012; 4(1): p. 51-59.

124. Instituto Nacional de Salud (INS). Estado nutricional en niños y gestantes de los establecimientos de salud del Ministerio de Salud. 2016..

125. Chavez G.M. Isotermas de adsorción en berenjenas deshidratadas. Revista Comunicaciones Cientificas y tecnologicas. ; 81(2).

126. Loayza Q.L. Efecto de la temperatura en isotermas de adsorción de quinua (Chenopodium quinoa Wild) expandida confitada. Tesis pregrado. Trujillo, Peru : Universidad Nacional de Trujillo , Facultad de Ciencias Agropecuarias ; 2015.

127. Boccio J, Salquerio J, Lysionek A, Zubillaga M, Godman C, Well R. Metabolismo del hierro: Conceptos actuales sobre un micronutriente esencial. Archivos Latino Amerianos de Nutrición. 2003; 53(2).

128. Roman M, Rodriguez Y. Anemia en la población infantil del Peru: Aspectos claves para su afronte. 2014. Lima: INS-UNAGESP.

X. ANEXOS

Anexo 1

Tabla 27: Preparación de sales de acuerdo al proyecto COST 90

		CANTIDAD DE PREPARACIÓN	
NOMENCLATURA	SAL	SAL (g)	AGUA (ml)
Acetato de Potasio	($KC_2H_3O_2$)	150	65
Cloruro de Magnesio	($MgCl_2$)	200	25
Nitrato de Magnesio	($MgNO_3$)	200	50
Nitrito de Sodio	($NaNO_2$)	200	30
Cloruro de sodio	(NaCl)	200	60
Cloruro de Potasio	(KCl)	200	80

FUENTE: Greenspan *et al*. (1977), citado por Kiranoudis *et al*. (1992).

Anexo 2





Luego de eliminar todos los residuos presentes en la sangre se procede a calentar hasta llegar a 90°/15 min.





Después del calentamiento se procede a prensar para eliminar la mayor cantidad posible de agua de la muestra





Po último se procede a moler la muestra a 60 RPM/10seg.

Figura 29: Proceso de elaboración de la sangre de pollo deshidrata.

Anexo 3

Tabla 28: Pesos de las muestras durante secado a 40ºC.

TIEMPO (min.)	Nº REPETICIONES	PESO PLACA + TAPA (g)	PESO PLACA C/TAPA +MUESTRA	PESO MUESTRA (g)
0	A	67,5775	75,4556	7,8781
	B	70,3504	77,9123	7,5619
	C	67,6605	75,5649	7,9044
20	A		74,2922	6,7147
	B		76,8523	6,5019
	C		74,4441	6,7836
40	A		74,0894	6,5119
	B		76,691	6,3406
	C		74,2749	6,6144
60	A		73,8551	6,2776
	B		76,4449	6,0945
	C		74,0572	6,3967
80	A		73,4894	5,9119
	B		76,0575	5,7071
	C		73,7132	6,0527
120	A		73,2325	5,655
	B		75,8087	5,4583
	C		73,4661	5,8056
160	A		72,85	5,2725
	B		75,3744	5,024
	C		73,0851	5,4246
180	A		72,5723	4,9948
	B		75,0533	4,7029
	C		72,7896	5,1291
200	A		72,1975	4,62
	B		74,691	4,3406
	C		72,4398	4,7793
220	A		71,804	4,2265
	B		74,342	3,9916
	C		72,0016	4,3411
240	A		71,308	3,7305
	B		73,88	3,5296
	C		71,4359	3,7754
260	A		70,8006	3,2231
	B		73,4617	3,1113

	C		70,9126	3,2521
280	A		70,7345	3,157
	B		73,4657	3,1153
	C		70,9113	3,2508
300	A		70,4768	2,8993
	B		73,1861	2,8357
	C		70,6181	2,9576
320	A		70,3543	2,7768
	B		73,0781	2,7277
	C		70,5345	2,874
340	A		70,3082	2,7307
	B		73,0255	2,6751
	C		70,4549	2,7944
360	A		70,2497	2,6722
	B		72,9685	2,6181
	C		70,4008	2,7403
380	A		70,1974	2,6199
	B		72,9248	2,5744
	C		70,3581	2,6976
400	A		70,1418	2,5643
	B		72,8934	2,543
	C		70,3428	2,6823
420	A		70,1721	2,5946
	B		72,877	2,5266
	C		70,3254	2,6649
440	A		70,1585	2,581
	B		72,873	2,5226
	C		70,3206	2,6601
460	A		70,1577	2,5802
	B		72,8716	2,5212
	C		70,3119	2,6514
480	A		70,1592	2,5817
	B		72,8713	2,5209
	C		70,3103	2,6498
500	A		70,132	2,5545
	B		72,8508	2,5004
	C		70,3026	2,6421
520	A		70,1243	2,5468
	B		72,8316	2,4812
	C		70,2956	2,6351
540	A		70,1036	2,5261
	B		72,8136	2,4632
	C		70,2738	2,6133
560	A		70,1002	2,5227

	B		72,811	2,4606
	C		70,2703	2,6098
580	A		70,0976	2,5201
	B		72,8103	2,4599
	C		70,2679	2,6074
600	A		70,0976	2,5201
	B		72,8103	2,4599
	C		70,2679	2,6074

Anexo 4

Tabla 29: Pesos de las muestras durante secado a 50ºC.

TIEMPO (min.)	Nº REPETICIONES	PESO PLACA + TAPA (g)	PESO PLACA C/TAPA +MUESTRA	PESO MUESTRA (g)
0	A	71,3187	81,7687	10,45
	B	71,5765	81,3326	9,7561
	C	77,329	87,2311	9,9021
20	A		80,6185	9,2998
	B		80,1936	8,6171
	C		86,031	8,702
40	A		79,905	8,5863
	B		79,3574	7,7809
	C		85,2783	7,9493
60	A		79,3368	8,0181
	B		78,8034	7,2269
	C		84,692	7,363
80	A		78,5567	7,238
	B		78,0379	6,4614
	C		83,9494	6,6204
120	A		77,9274	6,6087
	B		77,4508	5,8743
	C		83,3519	6,0229

160	A		77,2239	5,9052
	B		76,7761	5,1996
	C		82,7278	5,3988
180	A		76,6662	5,3475
	B		76,2543	4,6778
	C		82,5	5,171
200	A		76,0202	4,7015
	B		75,6138	4,0373
	C		81,5568	4,2278
220	A		75,5144	4,1957
	B		75,3144	3,7379
	C		81,1625	3,8335
240	A		75,4384	4,1197
	B		75,1985	3,622
	C		81,1135	3,7845
260	A		75,1377	3,819
	B		75,009	3,4325
	C		80,8798	3,5508
280	A		75,0099	3,6912
	B		74,9432	3,3667
	C		80,7774	3,4484
300	A		74,9175	3,5988
	B		74,9168	3,3403
	C		80,7445	3,4155
320	A		74,8799	3,5612
	B		74,8854	3,3089
	C		80,7325	3,4035
340	A		74,8658	3,5471
	B		74,877	3,3005
	C		80,7292	3,4002
360	A		74,8602	3,5415
	B		74,8663	3,2898
	C		80,723	3,394
380	A		74,8583	3,5396
	B		74,8608	3,2843
	C		80,7212	3,3922
400	A		74,8545	3,5358
	B		74,8601	3,2836

	C		80,7201	3,3911
420	A		74,8458	3,5271
	B		74,8462	3,2697
	C		80,7183	3,3893
440	A		74,8346	3,5159
	B		74,8428	3,2663
	C		80,7108	3,3818
460	A		74,8328	3,5141
	B		74,838	3,2615
	C		80,7056	3,3766
480	A		74,831	3,5123
	B		74,8336	3,2571
	C		80,7032	3,3742
500	A		74,83	3,5113
	B		74,8315	3,255
	C		80,7008	3,3718
520	A		74,83	3,5113
	B		74,8315	3,255
	C		80,7008	3,3718

Anexo 5

Tabla 30: Pesos de las muestras durante secado a 60ºC.

TIEMPO (min.)	Nº REPETICIONES	PESO PLACA + TAPA (g)	PESO PLACA C/TAPA +MUESTRA	PESO MUESTRA (g)
0	A	73,7171	84,5219	10,8048
	B	72,5654	84,2919	11,7265
	C	72,4124	83,3218	10,9094
20	A		83,0916	9,3745
	B		83,9999	11,4345
	C		82,1045	9,6921
40	A		82,04	8,3229
	B		81,9121	9,3467
	C		81,1075	8,6951
60	A		80,599	6,8819
	B		80,6832	8,1178
	C		79,8	7,3876

80	A		79,5866	5,8695
	B		79,7324	7,167
	C		78,8217	6,4093
120	A		78,4719	4,7548
	B		78,9779	6,4125
	C		77,7829	5,3705
160	A		77,6025	3,8854
	B		77,6858	5,1204
	C		76,6036	4,1912
180	A		76,969	3,2519
	B		77,0356	4,4702
	C		76,204	3,7916
200	A		76,9215	3,2044
	B		76,7267	4,1613
	C		75,9851	3,5727
220	A		76,879	3,1619
	B		76,2845	3,7191
	C		75,8892	3,4768
240	A		76,8419	3,1248
	B		76,2777	3,7123
	C		75,8374	3,425
260	A		76,8081	3,091
	B		76,2516	3,6862
	C		75,8075	3,3951
280	A		76,7722	3,0551
	B		76,081	3,5156
	C		75,6818	3,2694
300	A		76,7439	3,0268
	B		76,0481	3,4827
	C		75,6493	3,2369
320	A		76,7363	3,0192
	B		76,0334	3,468
	C		75,6427	3,2303
340	A		76,7174	3,0003
	B		76,0178	3,4524
	C		75,6217	3,2093
360	A		76,7728	3,0557
	B		76,0608	3,4954
	C		75,6853	3,2729
380	A		76,7444	3,0273
	B		76,0413	3,4759
	C		75,6475	3,2351
400	A		76,7428	3,0257
	B		76,0378	3,4724

	C		75,6432	3,2308
420	A		76,7132	2,9961
	B		76,011	3,4456
	C		75,6177	3,2053
440	A		76,719	3,0019
	B		76,0076	3,4422
	C		75,6191	3,2067
460	A		76,7101	2,993
	B		76,0011	3,4357
	C		75,6108	3,1984
480	A		76,7101	2,993
	B		76,0011	3,4357
	C		75,6108	3,1984

Anexo 6

Tabla 31: Registro de pesos de la sangre de pollo deshidratado durante exposición a las sales saturadas a 10ºC.

		Peso Placa + Muestra	Peso Muestra	Peso Dia 3	Peso Muestra Dia 3	Peso Dia 7	Peso Muestra Dia 7	Peso Dia 10	Peso Muestra Dia 10	Peso Dia 22	Peso Muestra Dia 22	Peso Dia 29	Peso Muestra Dia 29
AGUA	M1	34,6805	1,6898	35,1411	2,1504	35,4294	2,4387	35,6345	2,6438	35,759	2,7683	35,8463	2,8556
	M2	36,3881	2,134	37,07	2,8159	37,1337	2,8796	37,4928	3,2387	37,5234	3,2693	37,5702	3,3161
	M3	38,4469	2,0423	38,8936	2,489	39,4814	3,0768	39,4213	3,0167	39,5784	3,1738	39,5618	3,1572
CLORURO DE POTASIO	M1	38,5886	1,9673	38,6193	1,998	38,6225	2,0012	38,6242	2,0029	38,6388	2,0175	39,1396	2,5183
	M2	35,0602	2,1909	35,1357	2,2664	35,1669	2,2976	35,1524	2,2831	35,1577	2,2884	35,6339	2,7646
	M3	35,73	2,0317	35,7935	2,0952	35,7879	2,0896	35,8123	2,114	35,8311	2,1328	36,9189	3,2206
CLORURO DE SODIO	M1	39,0706	2,201	39,5335	2,6639	39,5843	2,7147	39,7253	2,8557	39,7041	2,8345	39,7754	2,9058
	M2	36,5369	2,0675	36,9363	2,4669	37,1158	2,6464	37,1077	2,6383	37,1578	2,6884	37,1254	2,656
	M3	37,0329	1,8746	37,3582	2,1999	37,5422	2,3839	37,4571	2,2988	37,6238	2,4655	37,5332	2,3749
NITRITO DE SODIO	M1	36,271	2,3863	36,6266	2,7419	36,6214	2,7367	36,6289	2,7442	36,6577	2,773	36,6248	2,7401
	M2	37,7217	2,358	38,0462	2,6825	38,0558	2,6921	38,0788	2,7151	38,1093	2,7456	38,1806	2,8169
	M3	38,5609	2,0496	38,826	2,3147	38,8496	2,3383	38,8472	2,3359	38,8662	2,3549	38,8403	2,329
NITRATO DE MAGNESIO	M1	36,9369	2,2885	37,151	2,5026	37,1767	2,5283	37,1923	2,5439	37,229	2,5806	37,2161	2,5677
	M2	39,0223	2,6648	39,08	2,7225	39,1033	2,7458	39,1162	2,7587	39,1342	2,7767	39,1531	2,7956
	M3	36,7506	2,017	36,9679	2,2343	36,9765	2,2429	37,0012	2,2676	37,0283	2,2947	37,0255	2,2919
CLORURO DE MAGNESIO	M1	37,5112	2,0172	37,6448	2,1508	37,6427	2,1487	37,6486	2,1546	37,6527	2,1587	37,6409	2,1469
	M2	36,9698	2,3037	36,1035	1,4374	37,3779	2,7118	37,3873	2,7212	37,4067	2,7406	37,3744	2,7083
	M3	38,3848	2,7861	38,5626	2,9639	38,1199	2,5212	38,1158	2,5171	38,1149	2,5162	38,1175	2,5188
ACETATO DE POTASIO	M1	36,7966	2,0481	36,8528	2,1043	36,8498	2,1013	36,8662	2,1177	36,8431	2,0946	36,8356	2,0871
	M2	38,3611	2,4655	38,3933	2,4977	38,4064	2,5108	38,3988	2,5032	38,3999	2,5043	38,3949	2,4993
	M3	36,6224	2,1708	36,665	2,2134	36,6657	2,2141	36,677	2,2254	36,698	2,2464	36,6654	2,2138
ACIDO SULFURICO	M1	38,7877	2,7551	38,7415	2,7089	38,7081	2,6755	38,7376	2,705	38,691	2,6584	38,7499	2,7173
	M2	35,8032	2,1155	35,8003	2,1126	35,7625	2,0748	35,7582	2,0705	37,7065	4,0188	35,7646	2,0769
	M3	37,796	2,3024	37,7495	2,2559	37,7291	2,2355	37,718	2,2244	35,7807	0,2871	37,7306	2,237

Anexo 7

Tabla 32: Registro de pesos de la sangre de pollo deshidratado durante exposición a las sales saturadas a 25ºC.

		Peso Placa + Muestra	Peso Muestra	Peso Dia 10	Peso Muestra Dia 10	Peso Dia 14	Peso Muestra Dia 14	Peso Dia 21	Peso Muestra Dia 21	Peso Dia 28	Peso Muestra Dia 28
AGUA	M1	35,6973	2,7045	35,9907	2,9979	36,238	3,2452	36,8323	3,8395	36,8486	3,8558
	M2	36,3932	2,135	36,8722	2,614	37,5427	3,2845	37,6138	3,3556	37,6225	3,3643
	M3	39,2413	2,8348	40,5105	4,104	40,8733	4,4668	41,1126	4,7061	41,1151	4,7086
CLORURO DE POTASIO	M1	39,4081	2,5363	39,7934	2,9216	39,817	2,9452	39,818	2,9462	39,825	2,9532
	M2	37,0321	2,5607	37,3895	2,9181	37,4199	2,9485	37,4235	2,9521	37,426	2,9546
	M3	37,5243	2,3628	37,88	2,7185	37,8993	2,7378	37,9063	2,7448	37,9105	2,749
CLORURO DE SODIO	M1	36,9722	3,0792	37,279	3,386	37,3012	3,4082	37,3082	3,4152	37,3117	3,4187
	M2	39,4482	4,0821	39,849	4,4829	39,8646	4,4985	39,8703	4,5042	39,8799	4,5138
	M3	40,0063	3,4918	40,3533	3,8388	40,3722	3,8577	40,3826	3,8681	40,3874	3,8729
NITRITO DE SODIO	M1	36,8507	2,1969	37,017	2,3632	37,044	2,3902	37,0485	2,3947	37,0518	2,398
	M2	38,6321	2,2731	38,8022	2,4432	38,8089	2,4499	38,8182	2,4592	38,8208	2,4618
	M3	37,253	2,5169	37,4359	2,6998	37,4543	2,7182	37,4567	2,7206	37,4599	2,7238
NITRATO DE MAGNESIO	M1	37,4827	1,9805	37,5271	2,0249	37,5338	2,0316	37,5436	2,0414	37,5497	2,0475
	M2	36,6289	1,9592	36,6724	2,0027	36,5108	1,8411	36,5433	1,8736	36,5561	1,8864
	M3	37,6918	2,0837	37,7398	2,1317	37,749	2,1409	37,7674	2,1593	37,7711	2,163
CLORURO MAGNESIO	M1	39,2262	2,2985	39,2075	2,2798	39,1995	2,2718	39,1944	2,2667	39,1928	2,2651
	M2	35,5325	2,6475	35,5277	2,6427	35,524	2,639	35,5374	2,6524	35,5428	2,6578
	M3	36,0367	2,3353	36,033	2,3316	36,0319	2,3305	36,0312	2,3298	36,03	2,3286
ACETATO DE POTASIO	M1	36,7057	1,9561	36,6891	1,9395	36,6895	1,9399	36,6882	1,9386	36,6871	1,9375
	M2	38,2299	2,3326	38,2142	2,3169	38,2126	2,3153	38,2118	2,3145	38,2111	2,3138
	M3	36,4982	2,0441	36,4874	2,0333	36,4861	2,032	36,4855	2,0314	36,4847	2,0306
ACIDO SULFURICO	M1	38,4635	2,4299	38,4251	2,3915	38,4029	2,3693	38,3914	2,3578	38,3886	2,355
	M2	36,1448	2,456	35,9987	2,3099	35,9886	2,2998	35,9873	2,2985	35,985	2,2962
	M3	37,8617	2,3666	37,715	2,2199	37,7123	2,2172	37,7096	2,2145	37,7088	2,2137

Anexo 8

Tabla 33: Registro de pesos de la sangre de pollo deshidratado durante exposición a las sales saturadas a 35ºC.

		Peso Placa + Muestra	Peso Muestra	Peso Dia 7	Peso Muestra Dia 7	Peso Dia 14	Peso Muestra Dia 14	Peso Dia 21	Peso Muestra Dia 21	Peso Dia 29	Peso Muestra Dia 29
AGUA	M1	38,1631	1,7969	39,217	2,8508	39,3591	2,9929	39,3602	2,994	39,3615	2,9953
	M2	38,7984	2,1659	39,1616	2,5291	39,22306	2,59056	39,4406	2,8081	39,4422	2,8097
	M3	38,0718	1,6604	38,8034	2,392	39,0368	2,6254	39,1112	2,6998	39,1127	2,7013
CLORURO DE POTASIO	M1	35,0578	2,1734	35,332	2,4476	35,3965	2,5121	35,4319	2,5475	35,4398	2,5554
	M2	36,6353	1,9634	36,9018	2,2299	36,9258	2,2539	36,9682	2,2963	36,9691	2,2972
	M3	37,1434	1,9686	37,438	2,2632	37,4586	2,2838	37,5067	2,3319	37,5141	2,3393
CLORURO DE SODIO	M1	36,3652	1,7137	36,534	1,8825	36,5527	1,9012	36,5742	1,9227	36,5768	1,9253
	M2	37,1475	1,7799	37,3116	1,944	37,322	1,9544	37,3586	1,991	37,3601	1,9925
	M3	36,3604	2,1006	36,524	2,2642	36,5664	2,3066	36,6032	2,3434	36,6055	2,3457
NITRITO DE SODIO	M1	36,4175	1,9394	36,4488	1,9707	36,5015	2,0234	36,5526	2,0745	36,5555	2,0774
	M2	36,3728	1,9091	36,3973	1,9336	36,4197	1,956	36,4208	1,9571	36,4215	1,9578
	M3	38,1064	2,205	38,3409	2,4395	38,4856	2,5842	38,523	2,6216	38,5232	2,6218
NITRATO DE MAGNESIO	M1	38,8322	1,9612	38,9013	2,0303	38,9462	2,0752	38,9762	2,1052	38,9775	2,1065
	M2	38,6627	2,1457	38,7173	2,2003	38,7238	2,2068	38,7358	2,2188	38,7361	2,2191
	M3	37,4412	1,9293	37,4587	1,9468	37,4771	1,9652	37,4838	1,9719	37,4844	1,9725
CLORURO MAGNESIO	M1	37,61	2,1106	37,6053	2,1059	37,5983	2,0989	37,5953	2,0959	37,5919	2,0925
	M2	37,6554	2,0458	37,6549	2,0453	37,6544	2,0448	37,6538	2,0442	37,6525	2,0429
	M3	35,8888	1,9975	35,8852	1,9939	35,8837	1,9924	35,8796	1,9883	35,878	1,9867
ACETATO DE POTASIO	M1	35,4409	1,7392	35,4322	1,7305	35,4285	1,7268	35,42	1,7183	35,4198	1,7181
	M2	35,5031	1,7947	35,4996	1,7912	35,4926	1,7842	35,4895	1,7811	35,4885	1,7801
	M3	34,8707	1,8782	34,8559	1,8634	34,8437	1,8512	34,8371	1,8446	34,8356	1,8431
ACIDO SULFURICO	M1	36,6274	1,8871	38,607	3,8667	36,5939	1,8536	36,5785	1,8382	36,5762	1,8359
	M2	37,6256	1,5855	37,5916	1,5515	37,5385	1,4984	37,5136	1,4735	37,5108	1,4707
	M3	36,7858	2,0294	36,7538	1,9974	36,7295	1,9731	36,63	1,8736	36,6293	1,8729

Anexo 9

Tabla 34: Humedad en equilibrio de la muestra de sangre de pollo deshidratada a 10ºC.

Sales	Repetición	aw	Peso placa	Peso muestra	p+muestra	Peso final	agua/b.seca	Promedio agua/b.seca	Desviacion	Varianza
H2O	M1	0,95	32,9907	1,6898	34,6805	35,8463	0,81690585	0,7165697	0,087001	0,007569
	M2		34,2541	2,134	36,3881	3,5702	0,670719568			
	M3		36,4046	2,0423	38,4469	39,5618	0,662083784			
ClK	M1	0,88	36,6213	1,9673	38,5886	39,1396	0,376281364	0,4790919	0,195287	0,038137
	M2		32,8693	2,1909	35,0602	35,6339	0,356688376			
	M3		33,6983	2,0317	35,73	36,9189	0,704305963			
ClNa	M1	0,78	36,8696	2,201	39,0706	39,7754	0,419436709	0,387573	0,029200	0,000853
	M2		34,4694	2,0675	36,5369	37,1254	0,381188355			
	M3		35,1583	1,8746	37,0329	37,5332	0,36209397			
NaNO2	M1	0,68	33,8847	2,3863	36,271	36,6248	0,234558651	0,2468897	0,033107	0,001096
	M2		35,3637	2,358	37,7217	38,1806	0,284393162			
	M3		36,5113	2,0496	38,5609	38,8403	0,221717323			
MgNO3	M1	0,57	34,6484	2,2885	36,9369	37,2161	0,20632331	0,1853124	0,050288	0,002529
	M2		36,3575	2,6648	39,0223	39,1531	0,127926415			
	M3		34,7336	2,017	36,7506	37,0255	0,221687477			
CL2Mg	M1	0,32	35,494	2,0172	37,5112	37,6409	0,144282384	0,1267559	0,146777	0,021544
	M2		34,6661	2,3037	36,9698	37,3744	0,263982913			
	M3		35,5987	2,7861	38,3848	38,1175	-0,027997594			
CH3COOK	M1	0,25	34,7485	2,0481	36,7966	36,8356	0,095626319	0,0939897	0,003572	0,000013
	M2		35,8956	2,4655	38,3611	38,3949	0,089892685			
	M3		34,4516	2,1708	36,6224	36,6654	0,096450237			
H2SO4	M1	0,08	36,0326	2,7551	38,7877	38,7499	0,060402096	0,053517	0,008086	0,000065
	M2		33,6877	2,1155	35,8032	35,7646	0,055535666			
	M3		35,4936	2,3024	37,796	37,7306	0,044613329			

Anexo 10

Tabla 35: Humedad en equilibrio de la muestra de sangre de pollo deshidratada a 25ºC.

Sales	Repeticion	aw	Placa	Muestra	P+muestra	P.final	agua/m.seca	Promedio agua/m.seca	Desviación	Varianza
H2O	M1	0,95	32,9928	2,7045	35,6973	36,8486	0,55355553	0,693539	0,129815	0,016852
	M2		34,2582	2,135	36,3932	37,6225	0,71710204			
	M3		36,4065	2,8348	39,2413	41,1151	0,80995861			
ClK	M1	0,82	36,8718	2,5363	39,4081	39,825	0,26879514	0,264628	0,006366	0,000041
	M2		34,4714	2,5607	37,0321	37,426	0,25730100			
	M3		35,1615	2,3628	37,5243	37,9105	0,26778919			
ClNa	M1	0,75	33,893	3,0792	36,9722	37,3117	0,20982446	0,207785	0,002555	0,000007
	M2		35,3661	4,0821	39,4482	39,8799	0,20491924			
	M3		36,5145	3,4918	40,0063	40,3874	0,20861002			
NaNO2	M1	0,67	34,6538	2,1969	36,8507	37,0518	0,18942800	0,182942	0,005635	0,000032
	M2		36,359	2,2731	38,6321	38,8208	0,18013990			
	M3		34,7361	2,5169	37,253	37,4599	0,17925716			
MgNO3	M1	0,51	35,5022	1,9805	37,4827	37,5997	0,15405469	0,118770	0,046653	0,002176
	M2		34,6697	1,9592	36,6289	36,5861	0,06587594			
	M3		35,6081	2,0837	37,6918	37,7811	0,13638058			
CL2Mg	M1	0,31	36,9277	2,2585	39,1862	39,1928	0,09286509	0,091113	0,003983	0,000016
	M2		32,885	2,6475	35,5325	35,5428	0,09392009			
	M3		33,7014	2,3353	36,0367	36,03	0,08655442			
CH3COOK	M1	0,23	34,7496	1,9561	36,7057	36,6871	0,07931926	0,080901	0,001582	0,000003
	M2		35,8973	2,3326	38,2299	38,2111	0,08089825			
	M3		34,4541	2,0441	36,4982	36,4847	0,08248406			
H2SO4	M1	0,03	36,0336	2,4299	38,4635	38,3886	0,05609206	0,031384	0,021399	0,000458
	M2		33,6888	2,456	36,1448	35,985	0,01878049			
	M3		35,4951	2,3666	37,8617	37,7088	0,01927923			

Anexo 11

Tabla 36: Humedad en equilibrio de la muestra de sangre de pollo deshidratada a 35ºC.

Sales	R	aw	placa	muestra	p+muestra	p.final	agua/b.seca	Promedio agua/b.seca	desviacion	varianza
H2O	M1	0,93	36,3662	1,7969	38,1631	39,3615	0,78395374	0,637795	0,217113	0,047138
	M2		36,6325	2,1659	38,7984	39,4422	0,38831725			
	M3		36,4114	1,6604	38,0718	39,1127	0,74111423			
ClK	M1	0,8	32,8844	2,1734	35,0578	35,4398	0,25830638	0,260730	0,010012	0,000100
	M2		34,6719	1,9634	36,6353	36,9691	0,25215240			
	M3		35,1748	1,9686	37,1434	37,5141	0,27173203			
ClNa	M1	0,73	34,6515	1,7137	36,3652	36,5768	0,20234966	0,198488	0,003657	0,000013
	M2		35,3676	1,7799	37,1475	37,3601	0,19803608			
	M3		34,2598	2,1006	36,3604	36,6055	0,19507807			
NaNO2	M1	0,64	34,4781	1,9394	36,4175	36,5555	0,14635705	0,172121	0,090298	0,008154
	M2		34,4637	1,9091	36,3728	36,4215	0,09750578			
	M3		35,9014	2,205	38,1064	38,5232	0,27250101			
MgNO3	M1	0,5	36,871	1,9612	38,8322	38,9275	0,12220965	0,107731	0,014043	0,000197
	M2		36,517	2,1457	38,6627	38,7361	0,10681502			
	M3		35,5119	1,9293	37,4412	37,4844	0,09416903			
CL2Mg	M1	0,3	35,4994	2,1106	37,61	37,5919	0,06102765	0,064712	0,003839	0,000015
	M2		35,6096	2,0458	37,6554	37,6525	0,06868842			
	M3		33,8913	1,9975	35,8888	35,878	0,06441914			
CH3COOK	M1	0,21	33,7017	1,7392	35,4409	35,4198	0,05722173	0,056309	0,005702	0,000033
	M2		33,7084	1,7947	35,5031	35,4885	0,06149929			
	M3		32,9925	1,8782	34,8707	34,8356	0,05020537			
H2SO4	M1	0,03	34,7403	1,8871	36,6274	36,5762	0,04116912	0,017734	0,024265	0,000589
	M2		36,0401	1,5855	37,6256	37,5108	0,00728401			
	M3		34,7564	2,0294	36,7858	36,6893	0,01931614			

Anexo 12

Tabla 37: Calor isosterico de adsorción (q_{st}) de la sangre de pollo deshidratada a diferentes valores de humedad de equilibrio.

Xe (bs)	Qst (Kj/mol)[a] EXPERIMENTAL	Qst (Kj/mol)[b] CALCULADO TSAMI
0.06	21.4499	20.2714
0.1	16.4823	15.4204
0.16	9.5077	10.2308
0.2	6.0962	7.7825
0.26	6.2693	5.1634

a: Calor isosterico de adsorción experimental obtenido de la ecuación de Clausius-Clapeyron
b: Calor isosterico de adsorción calculado, obtenido por la ecuación de Tsami
Fuente: Elaboración propia

Anexo 13:

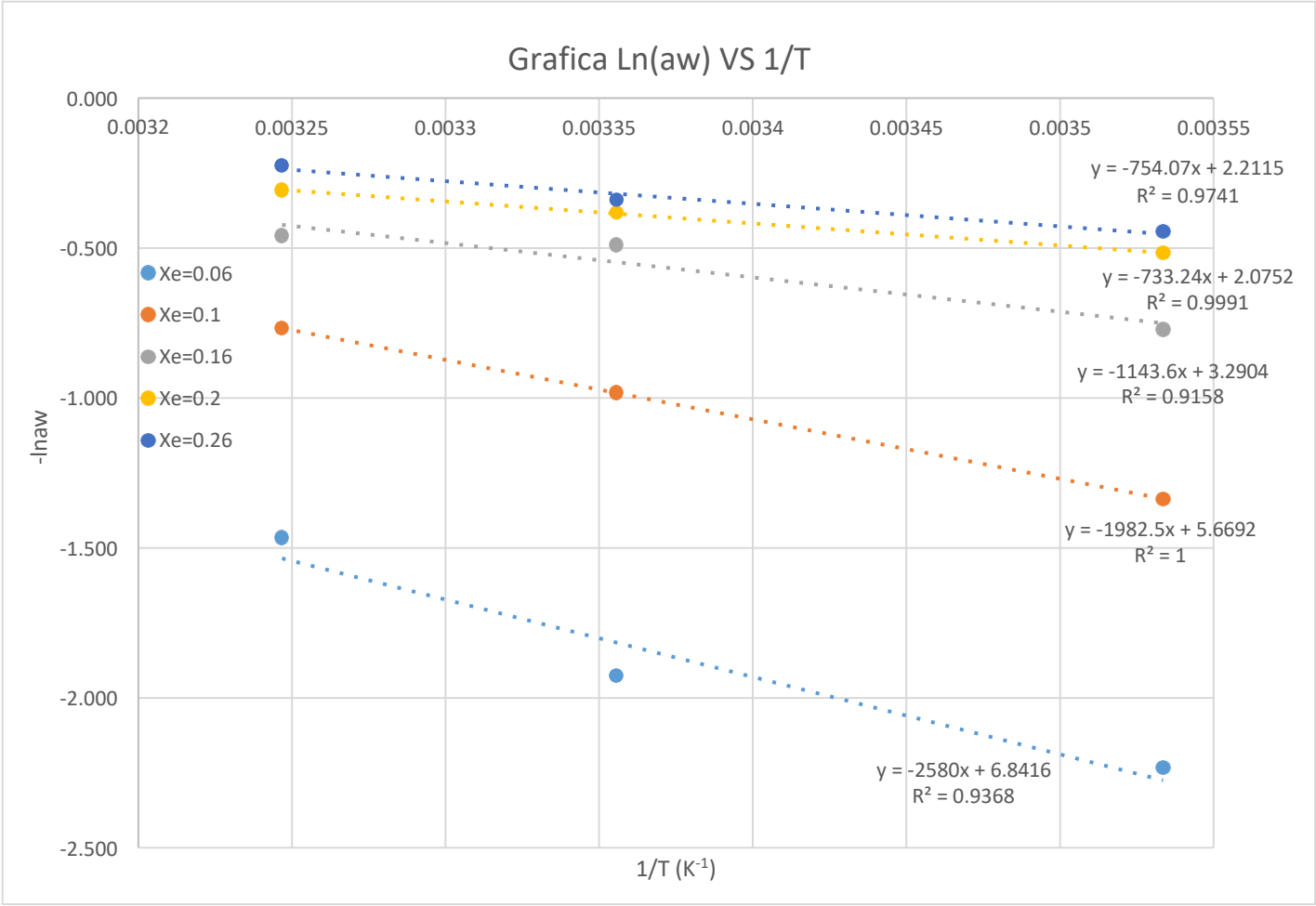

Figura 30: Curva de -Ln(aw) versus 1/T a diferentes humedades de equilibrio de la sangre de pollo deshidratado.

Fuente: Elaboración propia

Anexo 14:

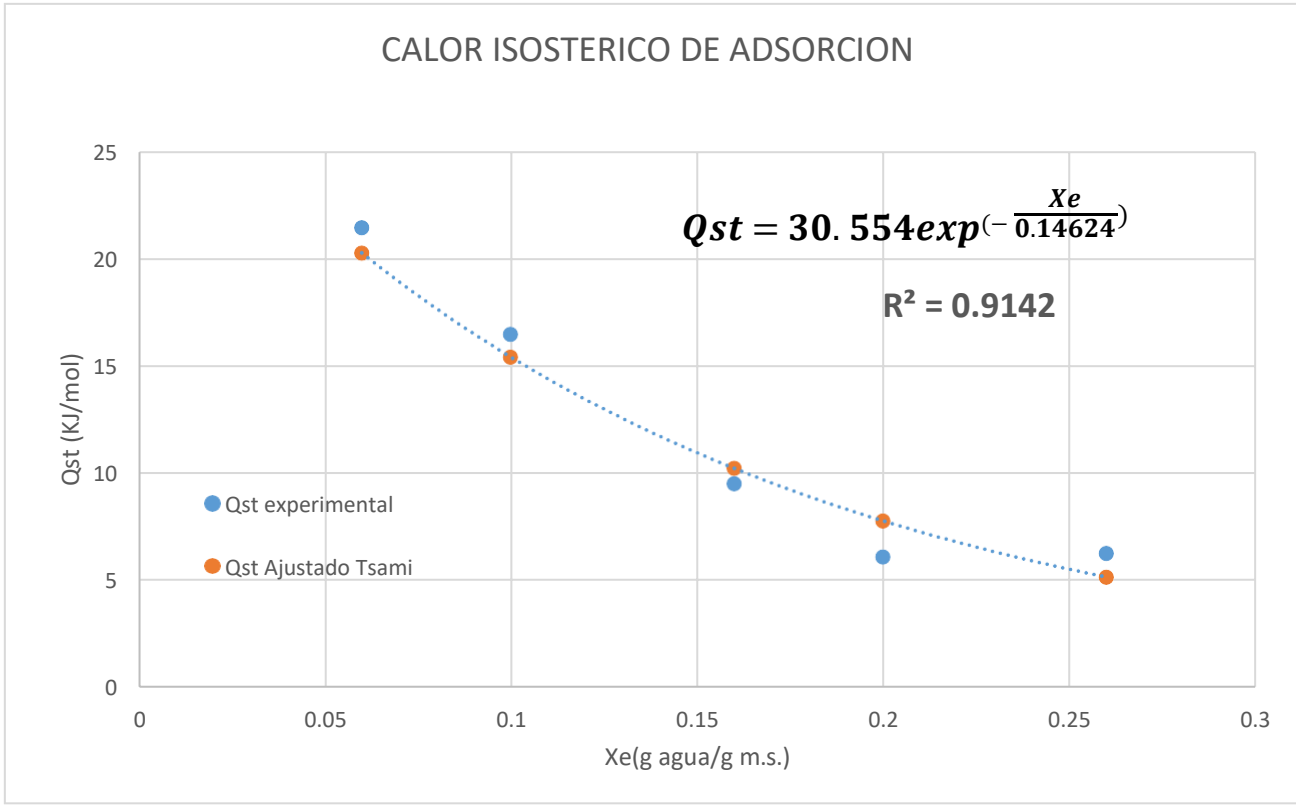

Figura 31: Influencia de la humedad de equilibrio (X_e) en el calor de adsorción experimental (q_{st}) de la sangre de pollo deshidratada.

Fuente: Elaboración propia

Anexo 15

Tabla 38: Parámetros de q_{st} y X_e y coeficiente de determinación (R^2) ajustado de la ecuación Tsami et al.

Muestra	Parametros		R^2
	q_o	X_o	
Sangre de pollo deshidratado	30.554	0.1462	0.9142

Fuente: Elaboración propia

Anexo 16: Informes de análisis microbiológicos y fisicoquímicos de laboratorio acreditado (Calidad Total UNALM).



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos

INFORME DE ENSAYOS
Nº 001538 - 2019

SOLICITANTE	: **SAPAILLA ARCOS ROCIO**
DIRECCIÓN LEGAL	CAL. JESUS MORALES Nº 973 - SAN JUAN DE MIRAFLORES - LIMA - LIMA
	: RUC: **45947753** Teléfono: 956754811
PRODUCTO	: **SANGRE DE POLLO DESHIDRATADA**
NÚMERO DE MUESTRAS	: Uno
IDENTIFICACIÓN/MTRA.	: S.I
CANTIDAD RECIBIDA	: 343,3 g (+envase) de muestra proporcionada por el solicitante.
MARCA(S)	: S.M
FORMA DE PRESENTACIÓN	: Envasado, la muestra ingresa en bolsa sellada.
SOLICITUD DE SERVICIO	: S/S NºEN-000853 -2019
REFERENCIA	: PERSONAL
FECHA DE RECEPCIÓN	: 18/02/2019
ENSAYOS SOLICITADOS	: **FÍSICO/QUÍMICO**
PERÍODO DE CUSTODIA	: No aplica

RESULTADOS :

ENSAYOS FÍSICOS/QUÍMICOS :
ALCANCE : N.A.

ENSAYO	RESULTADO
1.- Proteína Cruda (g / 100 g de muestra original) (Factor: 6,25)	77,9
2.- Hierro (mg / kg de muestra original)	1488,4

MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO :
1.- NTP 201.021:2002
2.- AOAC 975.03 Cap. 3, Pág. 5-6, 20th Edition 2016

FECHA DE EJECUCION DE ENSAYOS: Del 18/02/2019 Al 26/02/2019.

ADVERTENCIA :
1.- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a La Molina Calidad Total - Laboratorios son de responsabilidad del Solicitante.
2.- Se prohibe la reproducción parcial o total del presente Informe sin la autorización de La Molina Calidad Total - Laboratorios.
3- Válido sólo para la cantidad recibida. No es un Certificado de Conformidad ni Certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.
4.- Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA

La Molina, 26 de Febrero de 2019

LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS UNALM
Dirección Técnica

LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS UNALM
Ing. Mgt. Quím. Mary Flor Césare Coral
DIRECTORA TECNICA

LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos

INFORME DE ENSAYOS
N° 002372 - 2019

SOLICITANTE	: **SAPAILLA ARCOS ROCÍO MILAGROS**
DIRECCIÓN LEGAL	: ZONA A NÚMERO 973 - JESUS MORALES - LIMA - LIMA SAN JUAN DE MIRAFLORES RUC: 10459477531 Teléfono: 956754811
PRODUCTO	: **SANGRE DE POLLO DESHIDRATADO**
NÚMERO DE MUESTRAS	: Uno
IDENTIFICACIÓN/MTRA.	: S.I.
CANTIDAD RECIBIDA	: 340,8 g (+envase) de muestra proporcionada por el solicitante.
MARCA(S)	: S.M.
FORMA DE PRESENTACIÓN	: Envasado, la muestra ingresa en bolsa sellada
SOLICITUD DE SERVICIO	: S/S N°EN-001390 -2019
REFERENCIA	: PERSONAL
FECHA DE RECEPCIÓN	: 18/03/2019
ENSAYOS SOLICITADOS	: **MICROBIOLÓGICO**
PERÍODO DE CUSTODIA	: No aplica

RESULTADOS :

ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS :

ALCANCE : N.A.

ENSAYOS	RESULTADO
1.- D. Listeria monocytogenes (en 25g)	Ausencia
2.- N. de Clostridium perfringens (UFC/g)	<10 Estimado

MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO :

1.- FDA/BAM ON LINE 2001 8Th. Ed. January 2016 Chapter 10 Revision A 1998 1998

2.- ICMSF Vol. I Parte II Ed. II Pág. 281-283 I, II y III (Traducción Versión Original 1978) Reimpresión 2000 (Ed. Acribia) 1983

FECHA DE EJECUCION DE ENSAYOS: Del 19/03/2019 Al 27/03/2019.

ADVERTENCIA :

1.- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a La Molina Calidad Total - Laboratorios son de responsabilidad del Solicitante.

2.- Se prohibe la reproducción parcial o total del presente Informe sin la autorización de La Molina Calidad Total - Laboratorios.

3.- Válido sólo para la cantidad recibida. No es un Certificado de Conformidad ni Certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.

La Molina, 27 de Marzo de 2019

Dirección Técnica

LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS UNALM

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos

INFORME DE ENSAYOS
N° 005265 - 2019

SOLICITANTE	: **SAPAILLA ARCOS ROCÍO MILAGROS**
DIRECCIÓN LEGAL	: ZONA A NÚMERO 973 - JESUS MORALES - LIMA - LIMA SAN JUAN DE MIRAFLORES
	RUC: **10459477531** Teléfono: 956754811
PRODUCTO	: **SANGRE DE POLLO DESHIDRATADA**
NÚMERO DE MUESTRAS	: Uno
IDENTIFICACIÓN/MTRA.	: S.I
CANTIDAD RECIBIDA	: 283,2 g (+envase) de muestra proporcionada por el solicitante.
MARCA(S)	: S.M
FORMA DE PRESENTACIÓN	: Envasado, la muestra ingresa en bolsa sellada
SOLICITUD DE SERVICIO	: S/S N°EN-003333 -2019
REFERENCIA	: PERSONAL
FECHA DE RECEPCIÓN	: 28/06/2019
ENSAYOS SOLICITADOS	: **FÍSICO/QUÍMICO**
PERÍODO DE CUSTODIA	: No aplica

RESULTADOS :

LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS - UNALM - SOBRE V°B° Dirección Técnica

ENSAYOS FÍSICOS/QUÍMICOS :

ALCANCE : N.A.

ENSAYOS	RESULTADO
1.- Carbohidratos (g / 100 g de muestra original)	5,8
2.- Energía Total (Kcal / 100 g de muestra original)	376,5
3.- Humedad(g / 100 g de muestra original)	4,7
4.- Cenizas(g / 100 g de muestra original)	3,8
5.- Proteína Totales(g / 100 g de muestra original) (Factor: 6,25)	83,6
6.- Grasa(g / 100 g de muestra original)	2,1
7.- % Kcal. proveniente de Grasa	5,0
8.- % Kcal. proveniente de Proteínas	88,8
9.- % Kcal. proveniente de Carbohidratos	6,2

MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO :

1.- Por Diferencia MS-INN Collazos 1993
2.- Por Cálculo MS-INN Collazos 1993
3.- NTP ISO 1442 2006
4.- NTP 201.022 2002
5.- NTP 201.021 2002
6.- NTP 201.016 2002
7.- Por Cálculo MS-INN Collazos 1993
8.- Por Cálculo MS-INN Collazos 1993
9.- Por Cálculo MS-INN Collazos 1993