

UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ MARÍA ARGUEDAS
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



Presentado por:

Bach. CEYLI FLOR MOREYRA CARHUAS

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO REOLÓGICO,
ESTABILIDAD Y COLOR DE SUSPENSIONES DE UN
HIDROCOLOIDE ATOMIZADO DE *Nostoc Sphaericum***

Asesor:

Dr. DAVID CHOQUE QUISPE

Co-Asesor:

Dra. YUDITH CHOQUE QUISPE

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

ANDAHUAYLAS – APURIMAC -PERÚ

2023



Anexo 21

APROBACION DEL ASESOR

Quién suscribe:

Dr. David Choque Quispe por la presente:

CERTIFICA,

Que, el Bachiller (de acuerdo a Resolución N° 035-2017-SUNEDU/CD), Ceyli Flor Moreyra Carhuas ha culminado satisfactoriamente el informe final de tesis intitulado: "**Evaluación del comportamiento reológico, estabilidad y color de suspensiones de un hidrocoloide atomizado de *Nostoc Sphaericum***" para optar el Título Profesional de Ingeniería Agroindustrial (de acuerdo a Resolución N° 035-2017-SUNEDU/CD)

Andahuaylas, 31 de Mayo del 2023.

Dr. David Choque Quispe
Asesor

Bach. Ceyli Flor Moreyra Carhuas
Tesista



Anexo 21

APROBACION DEL CO - ASESOR

Quién suscribe:

Dra. Yudith Choque Quispe por la presente:

CERTIFICA,

Que, el Bachiller (de acuerdo a Resolución N° 035-2017-SUNEDU/CD), Ceyli Flor Moreyra Carhuas ha culminado satisfactoriamente el informe final de tesis intitulado: **"Evaluación del comportamiento reológico, estabilidad y color de suspensiones de un hidrocoloide atomizado de *Nostoc Sphaericum*"** para optar el Título Profesional de Ingeniería Agroindustrial (de acuerdo a Resolución N° 035-2017-SUNEDU/CD)

Andahuaylas, 31 de Mayo del 2023.

Dra. Yudith Choque Quispe
Co - Asesora

Bach. Ceyli Flor Moreyra Carhuas
Tesista



FACULTAD DE INGENIERIA


**ACTA DE SUSTENTACION
DE TESIS**


En la Av. 28 de julio N° 1103 del Local Académico SL02 (Santa Rosa) en el Salón de Grados de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional José María Arguedas ubicado en el distrito de Talavera de la Reyna de la Provincia de Andahuaylas, siendo las 15:00 horas del día 19 de junio del año 2023, se reunieron los docentes: Dr. Carlos A. Ligarda Samanez, Mag. Henry Palomino Rincón, Dra. Betsy Suri Ramos Pacheco, en condición de integrantes del Jurado Evaluador del Informe Final de Tesis intitulado: "EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO REOLÓGICO, ESTABILIDAD Y COLOR DE SUSPENSIONES DE UN HIDROCOLOIDE ATOMIZADO DE NOSTOC SPHAERICUM", cuyo autor es el Bachiller en Ingeniería Agroindustrial **CEYLI FLOR MOREYRA CARHUAS**, el asesor Dr. David Choque Quispe y la coasesora Dra. Yudith Choque Quispe, con el propósito de proceder a la sustentación y defensa de dicha tesis.


Luego de la sustentación y defensa de la tesis, el Jurado Evaluador **ACORDÓ:** Acordar por Unanimidad al Bachiller en Ingeniería Agroindustrial **CEYLI FLOR MOREYRA CARHUAS**, obteniendo la siguiente calificación y mención:

Nota escala vigesimal		Mención
Números	Letras	
18	Dieciocho	Excelente

En señal de conformidad, se procedió a la firma de la presente acta en 03 ejemplares.


Dr. Carlos A. Ligarda Samanez
Presidente del Jurado Evaluador


Mag. Henry Palomino Rincón
Primer Miembro del Jurado Evaluador


Dra. Betsy Suri Ramos Pacheco
Segundo Miembro del Jurado Evaluador



ANEXO 31

APROBACION DEL JURADO DICTAMINADOR

LA TESIS: "Evaluación del comportamiento reológico, estabilidad y color de suspensiones de un hidrocoloide atomizado de *Nostoc Sphaericum*"; para optar el Título profesional de Ingeniero Agroindustrial ha sido evaluado por el Jurado Dictaminador conformado por:


PRESIDENTE: Dr. Carlos Alberto Ligarda Samanez.

PRIMER MIEMBRO: Dr. Henry Palomino Rincón.


SEGUNDO MIEMBRO: Dra. Betsy Suri Ramos Pacheco.

Habiendo sido aprobado por UNANIMIDAD, en la ciudad de Andahuaylas el día 19 del mes de Junio de 2023.

Andahuaylas, 26 de Junio del 2023



Dr. Carlos Alberto Ligarda Samanez
Presidente del jurado evaluador



Dr. Henry Palomino Rincón
Primer miembro del Jurado evaluador



Dra. Betsy Suri Ramos Pacheco
Segundo miembro del jurado evaluador



Andahuaylas, 05 de setiembre de 2023

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería, expide la:

Constancia

De porcentaje de similitud (08%) según el software Turnitin, al informe final de investigación: Evaluación del Comportamiento Reológico y Color de Suspensiones de un Hidrocoloide Atomizado de *Nostoc sphaericum*. Presentado por la Bach. Ceyli Flor Moreyra Carhuas cuyo Asesor es la Dr David Choque Quispe y Co-asesor-Dra. Yudith Choque Quispe.

Dra. Marij del Carmen Delgado Laine
Presidente de la Unidad de Investigación de la
Facultad de Ingeniería

MSc. Fidella Tapia Tadeo
Miembro de la
Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería

M.Sc. Richard Carrión Abollaneda
Miembro de la
Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería

NOMBRE DEL TRABAJO

PROYECTO FINAL .pdf

AUTOR

Ceyli Moreyra

RECUENTO DE PALABRAS

27522 Words

RECUENTO DE CARACTERES

142892 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

119 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

1.6MB

FECHA DE ENTREGA

May 9, 2023 10:06 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

May 9, 2023 10:08 AM GMT-5

● **8% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos:

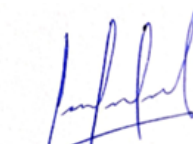
- 8% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref

- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 30 palabras)


DNI 42933337


70663732


Ing. Msc. David Gómez Quiroga
 C.I.B. N° 75470

● **8% de similitud general**

Principales fuentes encontradas en las siguientes bases de datos:

- 8% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossr

FUENTES PRINCIPALES

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	researchgate.net Internet	<1%
2	publicacionescd.ulead.edu.ec Internet	<1%
3	hdl.handle.net Internet	<1%
4	documents.mx Internet	<1%
5	repositorio.unsaac.edu.pe Internet	<1%
6	docplayer.es Internet	<1%
7	alicia.concytec.gob.pe Internet	<1%
8	bdigital.unal.edu.co Internet	<1%
9	slideshare.net Internet	<1%


70663732

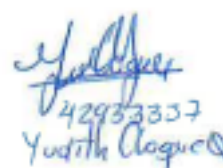

Ing. Msc. Daniel Cheque Quispe
C.I.P. N° 75470


42933337
Yudetti Cheque Q.

10	scielo.org.co Internet	<1%
11	repositorio.uax.es Internet	<1%
12	dspace.unitru.edu.pe Internet	<1%
13	kerwa.ucr.ac.cr Internet	<1%
14	rephip.unr.edu.ar Internet	<1%
15	repositorio.ucss.edu.pe Internet	<1%
16	repositorio.unamba.edu.pe Internet	<1%
17	scribd.com Internet	<1%
18	repositorio.unal.edu.co Internet	<1%
19	Uechi Lopez, Julio Alexis. "Estudio del proceso de adsorción de cadmi..." Publication	<1%
20	repositorio.unjfsc.edu.pe Internet	<1%
21	fr.scribd.com Internet	<1%


70663732


Ing. Msc. David Choque Quispe
C.I.P. N° 75470


42933337
Yudith Choque

22

repositorioslatinoamericanos.uchile.cl

Internet

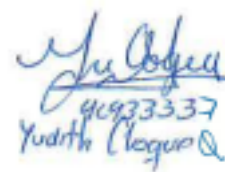
<1%



Handwritten signature and the number 70663732.



Professional stamp for David Choque Choque, C.I.P. N° 75470.



Handwritten signature and the number 40933337, with the name Yudith Choque Q.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por darme la vida, guiar mis pasos y darme la fuerza necesaria para culminar esta meta.

A mis padres Cesar y Liliana por su amor, comprensión y por estar siempre apoyándome en todas las fases de mis estudios, quienes me dan valor para seguir adelante.

A mis hermanos Faride, Adalinda y Svit quienes confiaron en mí, brindándome su apoyo incondicional y estar presentes en los buenos y malos momentos.

AGRADECIMIENTO

Primeramente y antes que nada, dar gracias a Dios, por estar conmigo en cada paso que doy.

A la Universidad Nacional José María Arguedas, a la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial por haberme permitido utilizar los laboratorios en especial a los laboratorios de Investigación en Materiales para el tratamiento de aguas y alimentos (LIMTA) y al Laboratorio de Investigación de Nanotecnología de Alimentos (LINA).

A mis padres Cesar y Liliana por todo el esfuerzo, confianza que depositaron en mí, y por estar siempre a mi lado.

A mi asesor Dr. David Choque Quispe por brindarme su orientación y apoyo en el proceso de este proyecto de investigación, a quien guardo una gran admiración y respeto por ser un ejemplo a seguir.

A mi Co-Asesora Dra. Yudith Choque Quispe por colaborar y apoyar en el presente proyecto de investigación.

A los miembros del jurado por su apoyo y estímulo permanente en este trabajo de investigación al Dr. Carlos Alberto Ligarda Samanez, Dra. Betsy Suri Ramos Pacheco y al Dr. Henry Palomino Rincón.

A la especialista Ing. Elibet Moscoso Moscoso y al Ing. Diego Peralta Guevara, quienes me brindaron su apoyo y todas las facilidades para obtener mis datos experimentales, en el uso de los diferentes equipos de Laboratorio.

Al Laboratorio de Química de la Universidad Nacional Intercultural de Quillabamba, quienes me brindaron la facilidad para realizar mis análisis en el presente trabajo de investigación.

A mi amigo Rafael Ramírez Venegas por enseñarme y darme ánimos en el proceso del proyecto de investigación y también por el gran apoyo que me brindo durante toda la carrera universitaria.

A mis amigos de la Universidad, Yesica, Fiorella, Jhoel y Daniel por sus palabras de aliento y apoyo quienes estuvieron presente en toda la carrera profesional.

Índice General

Índice general	i
Índice de Tablas	iv
Índice de Figuras	v
Índice de Anexos	vi
ABREVIATURAS Y SÍMBOLO.....	viii
RESUMEN.....	9
ABSTRACT.....	10
CHUMASQA.....	11
INTRODUCCIÓN.....	12
CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	13
1. Planteamiento del problema	13
1.1. Situación Problemática	13
1.2. Formulación del problema	14
1.2.1. Problema general:	14
1.2.2. Problemas específicos:.....	14
1.3. Justificación de la investigación.....	14
1.4. Objetivos de la investigación	15
1.4.1. Objetivo general	15
1.4.2. Objetivos específicos.....	15
1.5. Formulación de hipótesis.....	15
1.5.1. Hipótesis general.....	15
1.5.2. Hipótesis específicas	15
CAPITULO II: ANTECEDENTES	16
2. Antecedentes de la investigación	16
2.1 Antecedentes internacionales.....	16
2.2. Antecedentes Nacionales	17
2.3. Antecedentes regionales	19
CAPÍTULO III: MARCO TEORICO.....	20
3.1. Bases teóricas	20
3.1.1. El <i>Nostoc Sphaericum</i>	20
3.1.2. Los hidrocoloides.....	21
3.1.3. Reología	25
3.1.4. Viscosidad	25
3.1.5. Fluidos.....	26

3.1.6. Modelos de medición reológica.....	29
3.1.7. Estabilidad.....	31
3.1.8. Turbiedad.....	31
3.1.9 Potencial zeta.....	32
3.1.10. Color aparente.....	33
3.1.11 Espectros de absorción.....	34
3.1.12. Color.....	35
3.2. Marco conceptual.....	38
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	39
4.1. Lugar de ejecución.....	39
4.2. Identificación de variables.....	39
4.2.1. Variables independientes y dependientes.....	39
4.3. Materiales, instrumentos y equipos.....	39
4.3.1. Materiales.....	39
4.3.2. Equipos.....	40
4.3.3. Insumos y reactivos.....	41
4.4. Población y muestra.....	42
4.4.1 Población.....	42
4.4.2. Muestra.....	42
4.4.3. Muestreo.....	42
4.4.4. Unidad de análisis.....	42
4.5. Tipo de investigación.....	42
4.5.1. Según el enfoque:.....	42
4.5.2. Según el fin que persigue:.....	42
4.5.3. Según el tiempo:.....	43
4.5.4. Según la técnica de contrastación:.....	43
4.6. Metodología experimental.....	43
4.6.1. Preparación de la suspensión.....	43
4.7. Métodos de análisis.....	47
4.7.1. Determinación del Punto de carga cero (PCC).....	47
4.7.2. Comportamiento reológico.....	47
4.7.3. Método de análisis para determinar la estabilidad.....	48
4.7.4. Color.....	50
4.8. Diseño experimental.....	50
4.8.1 Técnicas de análisis de datos.....	51
CAPITULO V: RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	53

5.1. Punto de carga cero del hidrocoloide.....	53
5.2. Comportamiento reológico de suspensiones con hidrocoloide atomizado de Nostoc	54
5.2.1. Modelos reológicos.....	54
5.3. Estabilidad de suspensiones con hidrocoloide atomizado de Nostoc.....	58
5.3.1. Turbiedad del sobrenadante de la suspensión del hidrocoloide.....	58
5.3.2. Turbiedad del sedimento de la suspensión del hidrocoloide	62
5.3.3 Potencial zeta.....	65
5.3.4. Color aparente de la suspensión del hidrocoloide.....	68
5.3.5. Espectros de absorción barrido UV	71
5.4. Medida del color L*a*b*	73
5.4.1. Luminosidad L*	73
5.4.2. Cromo a*	75
5.4.3. Cromo b*	77
5.4.4. Índice total del color IC	78
CONCLUSIONES	82
RECOMENDACIONES	83
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	84
ANEXOS.....	91

Índice de Tablas

Tabla 1 Clasificación de los hidrocoloides.....	22
Tabla 2 Valores del potencial zeta y características de suspensión	32
Tabla 3 Colores reflejados y visibles	35
Tabla 4 Materiales	40
Tabla 5 Equipos.....	41
Tabla 6 Insumos y reactivos	41
Tabla 7 Matriz del diseño factorial para el experimento.....	51
Tabla 8 Modelo Ley de potencia de la suspensión.....	54
Tabla 9 Modelo de Bingham de la suspensión.....	54
Tabla 10 Modelo Herschel–Bulkley de la suspensión	55
Tabla 11 Modelo de Casson, de la suspensión.....	55
Tabla 12 Medida de la turbiedad del sobrenadante de la suspensión del hidrocoloide	58
Tabla 13 Análisis de varianza para la turbiedad del sobrenadante.....	59
Tabla 14 Medida de la turbiedad del sedimento de la suspensión del hidrocoloide.....	62
Tabla 15 Análisis de varianza de la turbiedad del sedimento	62
Tabla 16 Medida del potencial zeta.....	65
Tabla 17 Análisis de varianza del potencial zeta.....	66
Tabla 18 Medida del color aparente de la suspensión del hidrocoloide.....	69
Tabla 19 Análisis de varianza del color aparente	69
Tabla 20 Medida de la luminosidad L^* del color de la suspensión.....	74
Tabla 21 Análisis de varianza de luminosidad L^*	74
Tabla 22 Medida del color de la coordenada cromática a^*	75
Tabla 23 Análisis de varianza de croma a^*	76
Tabla 24 Medida del color de la coordenada cromática b^*	77
Tabla 25 Análisis de varianza del croma b^*	77
Tabla 26 Medida del índice de color IC.....	79
Tabla 27 Análisis de varianza del índice de color.....	79

Índice de Figuras

Figura 1 Curva de fluidos newtonianos	27
Figura 2 Curva de fluidos no Newtonianos.....	28
Figura 3 Potencial zeta en función del pH.....	33
Figura 4 Espectro electromagnético.....	35
Figura 5 Coordenadas de color en el sistema CIELAB	36
Figura 6 Variables independientes y dependientes	39
Figura 7 Procedimiento para las medidas reológicas	44
Figura 8 Diagrama de flujo de la suspensión del hidrocoloide.....	46
Figura 9 Determinación del punto de carga cero.....	53
Figura 10 Curva de flujo del comportamiento reológico de la ley de potencia	56
Figura 11 Curva de flujo del comportamiento reológico de la ley de Herschel-Bulkley	57
Figura 12 Curva de la suspensión de la turbiedad en el tiempo	59
Figura 13 Efectos principales para la turbiedad de la suspensión	60
Figura 14 Contornos de la turbiedad.....	61
Figura 15 Curva de la turbiedad del sedimento.....	63
Figura 16 Efectos principales de la turbiedad del sedimento.....	64
Figura 17 Contornos de la turbiedad del sedimento	64
Figura 18 Curva de potencial zeta de la suspensión en el tiempo.....	66
Figura 19 Efectos principales de potencial zeta	67
Figura 20 Contornos de potencial zeta.....	68
Figura 21 Curva de del color aparente en el tiempo.....	70
Figura 22 Efectos principales para el color aparente.....	70
Figura 23 Contornos del color aparente	71
Figura 24 Espectros de absorcion de la suspension del hidrocoloide día 0.....	72
Figura 25 Espectros de absorcion de la suspension del hidrocoloide día 20.....	72
Figura 26 Curva de luminosidad L^* en el tiempo	75
Figura 27 Curva del croma a^* en el tiempo	76
Figura 28 Curva del croma b^* en el tiempo	78
Figura 29 Curva del índice de color IC en el tiempo.....	80
Figura 30 Efectos principales del índice de color	80
Figura 31 Contornos del indice de color.....	81

Índice de Anexos

Anexo 1. Datos de ajuste Ley de Potencia 40°C – 0.07 mg/L	91
Anexo 2. Datos de ajuste plástico de Bingham 40°C – 0.07 mg/L.....	91
Anexo 3. Datos de ajuste Herschel – Bulkley 40°C – 0.07 mg/L	92
Anexo 4. Datos de ajuste Casson 40°C – 0.07 mg/L.....	92
Anexo 5. Datos de ajuste Ley de Potencia 60°C – 0.07 mg/L	93
Anexo 6. Datos de ajuste plástico de Bingham 60°C – 0.07 mg/L.....	93
Anexo 7. Datos de ajuste Herschel – Bulkley 60°C – 0.07 mg/L	94
Anexo 8. Datos de ajuste Casson 60°C – 0.07 mg/L.....	94
Anexo 9. Datos de ajuste Ley de Potencia 80°C – 0.07 mg/L	95
Anexo 10. Datos de ajuste plástico de Bingham 80°C – 0.07 mg/L.....	95
Anexo 11. Datos de ajuste Herschel – Bulkley 80°C – 0.07 mg/L	96
Anexo 12. Datos de ajuste de Casson 80°C – 0.07 mg/L.....	96
Anexo 13. Datos de ajuste Ley de Potencia 40°C – 0.1 mg/L	97
Anexo 14. Datos de ajuste plástico de Bingham 40°C – 0.1 mg/L.....	97
Anexo 15. Datos de ajuste Herschel – Bulkley 40°C – 0.1 mg/L	98
Anexo 16. Datos de ajuste Casson 40°C – 0.1 mg/L.....	98
Anexo 17. Datos de ajuste Ley de Potencia 60°C – 0.1 mg/L	99
Anexo 18. Datos de ajuste plástico de Bingham 60°C – 0.1 mg/L.....	99
Anexo 19. Datos de ajuste Herschel – Bulkley 60°C – 0.1 mg/L	100
Anexo 20. Datos de ajuste Casson 60°C – 0.1 mg/L.....	100
Anexo 21. Datos de ajuste Ley de Potencia 80°C – 0.1 mg/L	101
Anexo 22. Datos de ajuste plástico de Bingham 80°C – 0.1 mg/L.....	101
Anexo 23. Datos de ajuste Herschel – Bulkley 80°C – 0.1 mg/L	102
Anexo 24. Datos de ajuste Casson 80°C – 0.1 mg/L.....	102
Anexo 25. ANVA y prueba de rangos múltiples para la turbiedad del sobrenadante	103
Anexo 26. ANVA y prueba de rangos múltiples para la turbiedad en el sedimento	104
Anexo 27. ANVA y prueba de rangos múltiples para potencial zeta	106
Anexo 28. ANVA y prueba de rangos múltiples para color aparente	107
Anexo 29. ANVA y prueba de rangos múltiples para luminosidad L*	109
Anexo 30. ANVA y prueba de múltiples rangos para croma a*	110
Anexo 31. ANVA y prueba de múltiples rangos para croma b*	111
Anexo 32. ANVA y prueba de múltiples rangos para el índice de color	113
Anexo 33. Hidrocoloide atomizado de <i>Nostoc Sphaericum</i>	114
Anexo 34. Preparación de las muestras de la suspensión del hidrocoloide.....	115
Anexo 35. Muestras de la suspensión para la medida de la turbiedad del sobrenadante..	116

Anexo 36. Muestras de la suspensión para la medida de la turbiedad en el sedimento	117
Anexo 37. Lectura del color de la suspensión	117
Anexo 38. Lecturas espectrofotométricas	118
Anexo 39. Medida del potencial zeta.....	119
Anexo 40. Determinación del comportamiento reológico.....	120
Anexo 41. Matriz de consistencia.....	121

ABREVIATURAS Y SÍMBOLO

mg	: miligramos
ml	: mililitros
PCC	: punto de carga cero
PCU	: platino cobalto
mV	: milivoltios
IC	: índice de color
N	: índice de comportamiento de flujo
K	: índice de consistencia
PCC	: punto de carga cero
RPM	: revoluciones por minuto
Nm	: nanómetros
t_y	: límite elástico
n_B	: viscosidad plástica
k_H	: índice de consistencia
τ	: fuerza de corte o cizalla
n	: constante de proporcionalidad
γ	: velocidad de deformación

RESUMEN

El presente trabajo de investigación propone la utilización del hidrocoloide atomizado de *Nostoc Sphaericum* como estabilizante para suspensiones de néctares o bebidas similares. Tuvo por objetivo determinar los efectos de la temperatura y concentración en la evaluación del comportamiento reológico, estabilidad y color de la suspensión del hidrocoloide atomizado de *Nostoc Sphaericum*. Los modelos matemáticos reológicos fueron ajustados con un coeficiente de determinación R^2 , mientras que para la estabilidad y color se aplicó un diseño factorial 2^2 con dos factores concentración y temperatura en 2 niveles (0.07 y 0.1 mg/L) y (60 y 80°C) respectivamente. Las medidas reológicas fueron determinadas en un Reómetro Anton Paar MCR 702e MultiDrive, las temperaturas fueron de 40, 60 y 80 °C entre 0.07 y 0.1 mg/L, a través de los parámetros reológicos (índice de consistencia e índice de flujo), calculados a partir de modelos matemáticos Ley de Potencia, Plástico de Bingham, Herschel-Bulkley y Casson. La estabilidad de la suspensión se determinó a través de los parámetros de la turbiedad del sobrenadante, turbiedad del sedimento, potencial zeta, color aparente y absorbancia (barrido UV). El color se determinó a través del índice de color reportado a través de las coordenadas de L, a*, b*. La turbiedad del sobrenadante presento valores de 94.00 a 99.77 de transmitancia, turbiedad del sedimento presento valores de 58.65 a 80.07 de transmitancia, reportaron valores de ζ de -30.66 a -17.57 mV, color aparente reportaron valores de 33 a 269 PCU, son absorbidos a una longitud de onda de 255 nm, y el índice de color reporto valores -33.51 a -0.78. Se concluyo que los datos experimentales en el comportamiento reológico mostraron como mejor ajuste al modelo de Ley de potencia y Herschel-Bulkley, reportando valores de $R^2 > 0.98$, se estableció que a medida que la temperatura incrementa también lo hace el índice de consistencia (k) mientras que el índice de comportamiento de flujo (n) disminuye, presento índice de flujo mayores a 1, refiriéndose como un fluido no Newtoniano y un comportamiento dilatante. La incorporación del hidrocoloide de *Nostoc Sphaericum* en la estabilidad de la suspensión provocó un efecto significativo en la turbiedad del sobrenadante, turbiedad del sedimento, potencial zeta, color aparente, asimismo, el tratamiento T4 (80 °C – 0.1 mg/L) reporto tener un índice de color representativo al alga de *Nostoc Sphaericum* a comparación de los demás tratamientos durante el tiempo de almacenamiento estudiado.

Palabras clave: hidrocoloide, fluido, estabilidad, color, suspensión.

ABSTRACT

This research work proposes the use of the atomized hydrocolloid of *Nostoc Sphaericum* as a stabilizer for suspensions of nectars or similar drinks. Its objective was to determine the effects of temperature and concentration in the evaluation of the rheological behavior, stability and color of the suspension of the spray-dried hydrocolloid of *Nostoc Sphaericum*. The rheological mathematical models were adjusted with a coefficient of determination R^2 , while for stability and color a 2^2 factorial design was applied with two concentration and temperature factors at 2 levels (0.07 and 0.1 mg/L) and (60 and 80°C) respectively. The rheological measurements were determined in an Anton Paar MCR 702e MultiDrive Rheometer, the temperatures were 40, 60 and 80 °C between 0.07 and 0.1 mg/L, through the rheological parameters (consistency index and flow index), calculated from Power Law, Bingham Plastic, Herschel-Bulkley and Casson mathematical models. The stability of the suspension was determined through the parameters of the turbidity of the supernatant, turbidity of the sediment, zeta potential, apparent color and absorbance (UV scanning). The color was determined through the color index reported through the coordinates of L, a*, b*. The turbidity of the supernatant presented values of 94.00 to 99.77 of transmittance, turbidity of the sediment presented values of 58.65 to 80.07 of transmittance, they reported values of ζ from -30.66 to -17.57 mV, apparent color reported values of 33 to 269 PCU, they are absorbed at a wavelength of 255 nm, and the index of color reported values -33.51 to -0.78. Se concluyó que los datos experimentales en el comportamiento reológico mostraron como mejor ajuste al modelo de Ley de potencia y Herschel-Bulkley, reportando valores de $R^2 > 0.98$, se estableció que a medida que la temperatura incrementa también lo hace el índice de consistencia (k) mientras que el índice de comportamiento de flujo (n) disminuye, presento índice de flujo mayores a 1, refiriéndose como un fluido no Newtoniano y un comportamiento dilatante. The incorporation of the *Nostoc Sphaericum* hydrocolloid in the stability of the suspension caused a significant effect on the turbidity of the supernatant, sediment turbidity, zeta potential, apparent color, likewise, the T4 treatment (80 °C - 0.1 mg/L) reported having a representative color index for the *Nostoc Sphaericum* algae compared to the other treatments during the storage time studied.

Keywords: hydrocolloid, fluid, stability, color, suspension.

CHUMASQA

Kay kunan yachay maskay llamkayqa llulluchapa *Nostoc Sphaericum* hidrocoloide atomizado nisqa churayman rurasqamantam estabilizador hina churachikurqa mana qarkaykuykuna qallarinanmanta néctares nisqapaq utaq chayman rikchakuq upikunapipas, kay yachaypa munayninmi karqa chay hidrocoloide llulluchamanta *Nostoc Sphaericum* lluksiqta comportamiento reológico, estabilidad hinaspa colorninpa chaninchayninpi temperaturapa, concentracin nisqapa efectonkunata tarinapaq. Chay modelos matemáticos reológicos nisqankunaqa coeficiente de determinación R^2 ajustado nisqawanmi allinchasqa karqa, estabilidad nisqapaq, colorpaqpas 2^2 diseño factorial nisqawanmi iskay factores de concentración y temperatura nisqawan 2 niveles nisqapi (0,07 y 0,1 mg/L) hinallataq (60 y 80 °C) chayman hina. Chaynallataqmi qawasqa karqataq medidas reológicas nisqankuna, chaytaqmi qawasqa karqa Reómetro Anton Paar MCR 702e MultiDrive nisqapi, chaynapunillataq temperaturapas qawachikurqataq 40, 60 hinaspa 80 °C karqa, chawpichasqa karqa 0,07 manta 0.1 mg/L, churasqam karqa chay parámetro reológico nisqanwan (índice de consistencia nisqa hinallataq índice de flujowan) chay modelo matemático Ley de potencia, Plástico de Bingham, Herschel-Bulkley y Casson nisqanwan qatipaspataq karqa. Estabilidad de la suspensión nisqantaqmi rurasqa karqa parámetros de: turbiedad, color aparente, barrido UV y potencial zeta nisqanwan, hinallataqmi color nisqapas qawachikurqa coordenadas de L, a^* , b^* , chaymantataq turbiedad nisqantaq chaninchasqa karqa kay yupaypi 58.65 a 80.07 de transmitancia nisqampi, color aparente nisqantaq chaninchaqa karqa 33 a 269 PCU, suquchisqataqmi karqa longitud de onda nisqampi 255 nm, chaynallataqmi ζ yupaychasqa karqa -30.66 a -17.57 mV qatipasqam karqataq índice de color nisqan tukuparqa kay yupaykunapi -33.51 a -0.78. Tukuchikurqam chay datos experimentales nisqa comportamiento reológico nisqamanta aswan allinta tupachisqa kasqanmanta chay modelo de Poder nisqawan chaymanta modelo Herschel-Bulkley nisqawan, willaspa R^2 valores $>0,98$ nisqamanta, chaymi takyachisqa karqa chay temperatura yapakusqanman hina, chaynallataqmi índice de consistencia (k) nisqapas chay flujo comportamiento indice (n) pisiyan, 1manta aswan hatun flujo indiceta rikuchini, mana newtoniano fluido hinallataq dilatante comportamiento nispa sutichaspa. Chay hidrocoloide llullucha *Nostoc Sphaericum* nisqapa churakuyninmi chay suspensión nisqapa estabilidad nisqapiqa, turbidez nisqapi, color aparente nisqapi, potencial zeta nisqapipas, chaynallataqmi, chay tratamiento T4 (80 °C - 0,1 mg/L) nisqapipas willakurqa a Índice de color representativo nisqa alga *Nostoc Sphaericum* nisqaman, waqaychasqa pachakunapi wakin hampikunawan tupachisqa.

Pisi rimayllaqui: hidrocoloide, fluido, estabilidad, color, suspensión.

INTRODUCCIÓN

El alga del *Nostoc Sphaericum* es un recurso natural y renovable que se desarrolla en diferentes medios acuáticos. La tendencia a usar hidrocoloides naturales como el del alga atomizado de *Nostoc Sphaericum* es de gran interés debido a que puede ser usado como un aditivo natural, extraído de fuentes de origen vegetal; los hidrocoloides son definidos ampliamente como polisacáridos solubles en agua que son extraídos a partir de vegetales terrestres o marinos, de microorganismos o de origen animal, gomas vegetales, exudados como la goma arábica y las algas como los alginatos, todos ellos utilizados en la industria de los alimentos (Garbocci, 2022).

La reología de los alimentos ayuda a identificar la textura adecuada de los productos, mientras que los modelos de comportamiento reológico son considerados como una herramienta analítica para proveer información de la estructura de los alimentos (Guevara et al., 2016), por ello el interés de la evaluación de su comportamiento reológico de los aditivos ya sean utilizados como gelificantes, emulsificantes o estabilizadores, aunque no mejoran el sabor, aroma o valor nutricional de los alimentos, pueden mejorar su textura o consistencia, lo que puede aumentar la aceptación del consumidor (Roldan, 2015).

La estabilidad de las suspensiones alimenticias está influenciada por el tiempo, temperatura, concentración, pH, debido a los componentes inmiscibles que puede provocar entre las partículas dispersas (Contreras-Lozano et al., 2019), asimismo, el color, que llega a variar conforme el tiempo de almacenamiento que este producto se encuentre.

La investigación busco evaluar el efecto de la temperatura y concentración si influyen en la suspensión del hidrocoloide atomizado de *Nostoc Sphaericum*, asimismo, poder entender que comportamiento tiene este fluido y a la vez como la temperatura y la concentración inciden en la estabilidad y el color de la suspensión del hidrocoloide del Nostoc.

El trabajo de investigación consta de cinco capítulos: en el CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN se plantea y formula el problema, justificación, se establece los objetivos e hipótesis de la investigación; en el CAPITULO II: ANTECEDENTES se consideran los antecedentes internacionales, nacionales y regionales para comparar los resultados obtenidos; en el CAPITULO III: MARCO TEORICO se presenta las bases teóricas del estudio, definición de las variables y conceptos; en el CAPITULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN se describe la identificación de variables, población y muestra, el tipo de investigación, metodología experimental, métodos de análisis y el diseño experimental; en el CAPITULO V: RESULTADOS Y DISCUSIONES se presentan los resultados y se realiza las discusiones; finalmente, se agregan unos apartados para desarrollar las conclusiones y recomendaciones.

CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1. Planteamiento del problema

1.1. Situación Problemática

Los hidrocoloides son polímeros de cadenas largas y alto peso molecular, usados ampliamente en muchas formulaciones de alimentos ya sea para mejorar la calidad y atributos de vida útil, siendo apropiados para aumentar la viscosidad y otras características asociados para determinados productos (Genovese y Lozano, 2001).

Los hidrocoloides derivados de las algas vienen evolucionando ya que la industria de las algas está relacionada con la producción de carragenina, alginato, agar y derivados como manitol, fertilizante, yodo, etc (Torres-Maza et al., 2020).

Actualmente existen diferentes variedades de algas marinas las cuales ya han sido estudiadas y usadas en la industria alimentaria, sin embargo, existe escasa información de estudios científicos relacionado con las algas provenientes de aguas dulces. El *Nostoc Sphaericum* un alimento de buen complemento nutricional, es un alga extraída de las lagunas altoandinas, su disponibilidad y accesibilidad de este alimento llega a variar, ya que es una especie que no se cultiva y llega a ser recolectada por los pobladores (Ponce, 2014).

El Nostoc deshidratado presenta un alto contenido de proteínas y carbohidratos, para ser utilizado como un alimento funcional para humanos, mientras que, el Nostoc atomizado presenta tener buena estabilidad para ser usado como un hidrocoloide (Choque-Quispe et al., 2022), el uso de este hidrocoloide natural de *Nostoc Sphaericum* es de gran interés, debido a que los hidrocoloides tienen la capacidad para modificar el comportamiento reológico y la microestructura del medio y así obtener productos estables en el sistema alimentario (Saha y Bhattacharya, 2010). Sin embargo, el uso de los hidrocoloides a diferentes temperaturas y concentraciones pueden afectar su funcionalidad, debido al comportamiento de los componentes inmiscibles que pueden presentar turbiedad, sedimento, separación de fases e interacciones físicas entre las partículas dispersas (Contreras-Lozano et al., 2019).

En ese sentido la presente investigación tiene como objetivo determinar el efecto de la temperatura y concentración en la evaluación del comportamiento reológico, estabilidad y color de suspensiones de un hidrocoloide atomizado de *Nostoc Sphaericum* con el fin de obtener un producto estabilizador, teniendo expectativas de que las aplicaciones agroindustriales, le agreguen valor y lo hagan comercializable.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general:

- ¿Cuál es el efecto de la temperatura y concentración en el comportamiento reológico, estabilidad y color de suspensiones de un hidrocoloide atomizado extraído de *Nostoc Sphaericum*?

1.2.2. Problemas específicos:

- ¿Cuál será el comportamiento reológico a diferentes temperaturas y concentraciones de suspensiones con hidrocoloide atomizado de *Nostoc*?
- ¿Cuál será el efecto de la temperatura y concentración en la estabilidad de suspensiones con hidrocoloide atomizado de *Nostoc*?
- ¿Cuál será el efecto de la temperatura y concentración en el color de suspensiones con hidrocoloide atomizado de *Nostoc*?

1.3. Justificación de la investigación

Los hidrocoloides han llegado a convertirse de gran interés, debido a que son utilizados en suspensiones alimenticias como estabilizantes, ya que son apropiados para aumentar la viscosidad y otras características asociadas a determinados productos (Valderrama, 2012). Estos hidrocoloides son extraídos de diferentes orígenes ya sea de origen animal, vegetal, algas, microbiano, dentro de los hidrocoloides extraídos de algas se encuentran el agar, carragenina, alginato y la alga de *Nostoc Sphaericum* un hidrocoloide con materia prima hidrobiológica renovable con potencial de ser usado en la industria alimentaria. La alta capacidad de absorción de agua y la capacidad de producir dispersión viscosa que poseen los compuestos hidrocoloides es la base de su amplio uso en la regulación y modificación de las propiedades reológicas y texturales de productos alimenticios, tanto líquidos como semisólidos (Thomsonp, 2020).

Siendo la razón principal de esta investigación, el uso de este hidrocoloide dándole un valor agregado a las algas altoandinas, ya que son de fácil disponibilidad durante las épocas de lluvia entre Diciembre a Marzo, el uso de este hidrocoloide de *Nostoc Sphaericum* atomizado como estabilizante para la industria nos permitirá obtener alternativas innovadoras, favoreciendo el crecimiento económico de las poblaciones altoandinas del Perú y nuevas oportunidades de inversión y trabajo con la recolección de esta alga. El presente estudio de la suspensión del hidrocoloide atomizado de *Nostoc Sphaericum* se da con el fin de ser utilizado como un aditivo y obtener productos con mayor estabilidad y ante ello la necesidad de conocer su comportamiento reológico y el color ya que es un indicador que va a otorgar al alimento en la elaboración de néctares o bebidas similares.

En la actualidad no se cuenta con suficientes estudios acerca del comportamiento reológico, estabilidad y color de suspensiones del *Nostoc Sphaericum* atomizado, el cual mediante esta investigación se podrá obtener nuevas evidencias para investigaciones futuras de acuerdo a las diferentes condiciones de trabajo que este requiera.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general

- Evaluar los efectos de temperatura y concentración en la evaluación del comportamiento reológico, estabilidad y color de suspensiones de un hidrocoloide atomizado de *Nostoc Sphaericum*

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar el comportamiento reológico a diferentes temperaturas y concentraciones de suspensiones con hidrocoloide atomizado de Nostoc.
- Determinar el efecto de la temperatura y concentración en la estabilidad de suspensiones con hidrocoloide atomizado de Nostoc.
- Determinar el efecto de la temperatura y concentración en el color de suspensiones con hidrocoloide atomizado de Nostoc.

1.5. Formulación de hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

- El comportamiento reológico, estabilidad y color de suspensiones de un hidrocoloide atomizado de *Nostoc Sphaericum* influyen con la temperatura y concentración.

1.5.2. Hipótesis específicas

- La temperatura y la concentración influyen en los valores de índice de comportamiento de flujo e índice de consistencia asociados a suspensiones de un hidrocoloide atomizado de Nostoc.
- La temperatura y la concentración mejorarán en la estabilidad del hidrocoloide atomizado de Nostoc.
- La temperatura y la concentración influyen sobre el color en suspensiones de un hidrocoloide atomizado de Nostoc.

CAPITULO II: ANTECEDENTES

2. Antecedentes de la investigación

2.1 Antecedentes internacionales

Thompson (2020), estudio la extracción y caracterización reológica y funcional del hidrocoloide de semillas del Chan (*Hyptis suaveolens*). El objetivo del estudio fue establecer las condiciones del proceso de extracción del hidrocoloide de las semillas del chan y analizar sus propiedades reológicas y funcionales. Evaluó el comportamiento de las propiedades reológicas de dispersiones del hidrocoloide de chan (HCH) en función de la concentración, temperatura, pH y presencia de solutos, analizó su comportamiento viscoelástico por geometría oscilatoria y determinaron sus propiedades funcionales. Utilizaron un diseño central compuesto rotatable (DCCR) de tres factores: Temperatura (T), relación agua/semillas (Ras) y tiempos de proceso (θ); el DCCR empleado basándose en 20 corridas, con ocho puntos factoriales, seis puntos axiales y seis réplicas del punto central, las cuales utilizaron para calcular la repetitividad del método y como variable de respuesta utilizaron el rendimiento de extracción (RE). Observaron que las propiedades reológicas funcionales del hidrocoloide del chan señalan gran potencial de aplicación en la formulación de productos como agente espesante, estabilizante y/o modificador de textura.

Contreras-Lozano et al. (2019), realizaron la investigación de hidrocoloides como estabilizantes en bebidas de maíz dulce y gel de aloe vera. El objetivo del estudio fue desarrollar bebidas a partir de maíz dulce, evaluando el efecto de la concentración de GX (goma xantana), CMC (carboximetilcelulosa) y AV (gel de aloe vera) en la estabilidad de la separación de fases, las propiedades fisicoquímicas y la evaluación sensorial. Aplicaron el método de superficie de respuesta a un diseño central, compuesto de 18 tratamientos y 4 puntos centrales. El tratamiento control fue la bebida formulada sin adición de hidrocoloides ni AV. Evaluaron el efecto de la concentración de GX (0.025 - 0.075%), CMC (0.025 - 0.075%) y AV (0.5 - 1.5%), en las propiedades fisicoquímicas y estabilidad a la sedimentación, en bebidas elaboradas a partir de maíz dulce, donde no observaron variación significativa en el contenido de sólidos solubles totales, pH, densidad, acidez titulable, potencial ζ , tamaño de partículas, velocidad de sedimentación y parámetros de color con las concentraciones empleadas de hidrocoloides y de aloe vera.

Figuroa et al. (2016), realizaron el estudio sobre la evaluación de estabilidad coloidal en bebidas de tomate de árbol. Tuvieron como objetivo evaluar los efectos de la adición de hidrocoloides en el grado de estabilidad coloidal BTA, enriquecida con aloe vera. Evaluaron el efecto de la incorporación de goma xantan (GX) y carboximetilcelulosa (CMC) en el grado de estabilidad de bebidas de tomate de árbol (BTA). Determinaron los parámetros

fisicoquímicos como tamaño de partícula, potencial zeta turbiedad y viscosidad de la fase continua, evitando la aparición de inestabilidad en las BTA. Los resultados demostraron efecto significativo de los hidrocoloides (GX y CMC) sobre la estabilidad de las BTA, permitiendo controlar mecanismos de inestabilidad coloidal y a su vez el grado de separación de fases, debido al carácter hidrofílico y aniónico de los hidrocoloides estudiados que fueron eficaces en brindar estabilidad estérica y electrostática.

Mirhosseini et al. (2008), realizaron el estudio sobre el efecto de los contenidos de goma arábica, goma xantana y aceite de naranja en potencial zeta, conductividad, estabilidad, índice de tamaño y pH de emulsión de bebida de naranja. El objetivo del estudio fue determinar un nivel óptimo de variables independientes que den como resultado la máxima estabilidad de la emulsión, la conductividad mínima y el índice de tamaño, la mayor magnitud de potencial zeta y un valor de pH adecuado. Los resultados indicaron que los modelos de superficie de respuesta fueron significativamente, asegurando así la adecuación de los modelos de superficie de respuesta. Se determinó que la región óptima global resultó en una emulsión de bebida de naranja deseable con un nivel combinado de 10.78 % (p/p) de goma arábica, 0.24 % (p/p) de goma xantana y 12.43 % (p/p) de aceite de naranja. Encontrándose una diferencia entre los valores experimentales y predichos, asegurando así la adecuación de los modelos de superficie de respuesta empleados para describir los cambios en las propiedades fisicoquímicas en función del contenido de los componentes principales de la emulsión.

2.2. Antecedentes Nacionales

Torres-Maza et al. (2020), estudiaron la comparación de los hidrocoloides *Nostoc Commune* y *Nostoc Sphaericum*: secado, espectroscopia, reología y aplicación en néctar. El objetivo de la investigación fue conocer la influencia de los métodos de secado en el comportamiento reológico de los hidrocoloides obtenidos de dos especies de *Nostoc*. Las muestras de extracto seco fueron secadas por liofilizado y aire caliente diluidas en agua a concentraciones de 0.15 – 0.25% y almacenadas a temperaturas de 7 – 80 °C. El infrarrojo indico vibraciones C – O – C correspondientes al ciclo de la glucosa (1020 cm^{-1}) y C = O de grupos carboxilo (1950 cm^{-1}) propios de los hidrocoloides. Reportaron que el *Nostoc Commune* presenta un mayor coeficiente de viscosidad plástica (n) y coeficiente de consistencia (k) que *Nostoc Commune*; el método de liofilización influyó significativamente en estos resultados ($p < 0,05$). Las muestras de hidrocoloides se diluyeron en condiciones de néctar (12 °Brix y 4.5 pH) tomando como control la carboximetilcelulosa (CMC), encontrando que existe una menor influencia de la temperatura en el índice de consistencia de los hidrocoloides en el orden de *Nostoc Sphaericum* < *Nostoc Commune* < CMC. La conclusión a la que llegaron fue que la aplicación

de hidrocoloides del género *Nostoc* pueden ser utilizados como aditivos en la preparación de néctares, manteniendo sus propiedades reológicas.

Chuquilin-Goicochea et al. (2021), realizaron la investigación sobre la caracterización química y reológica del hidrocoloide de *Wishllay* (*senna birostris*). Tuvieron como objetivo la obtención y la caracterización reológica y química del hidrocoloide *Wishllay* del distrito de Acobamba, Huancavelica. El hidrocoloide lo extrajeron por el método de tostado (90°C y 15 min) y molienda. La composición química proximal exhibió un contenido de 10.37 g de humedad, 1.96 g de ceniza, 6.61 g de grasa, 9.31 g de proteína, 2.15 g de fibra, 69.60 g de carbohidratos y 357.75 kcal/100 g de hidrocoloide. Realizaron la caracterización reológica del hidrocoloide con tres concentraciones (1, 2 y 3%), donde establecieron un tipo de flujo de dilatación ($n > 1$) y un coeficiente de consistencia de 2.9778×10^{-4} y 1.4491×10^{-3} Pa.s, para 2% y 3%, respectivamente, a 25 °C. El modelo de Arrhenius se ajustó a los datos experimentales de 25 a 65 °C, con un esfuerzo cortante constante de 70 s^{-1} . Observaron que estos resultados son prometedores para la aplicación de este hidrocoloide en la industria farmacéutica y la agroindustria.

Yupanqui y Torres (2018), estudiaron el Comportamiento reológico del hidrocoloide proveniente del cushuru (*Nostoc commune* y *Nostoc sphaericum*) obtenido por liofilizado y aire caliente. El objetivo de la investigación fue evaluar la influencia de los métodos de secado por liofilizado y aire caliente, en el comportamiento reológico del hidrocoloide en polvo obtenido. Observaron que de las 4 muestras de hidrocoloide disueltas en agua se ajustaron mejor al modelo reológico de Herschel-Bulkley con un R^2 de 0.9977, las variables de especie, método de secado y su interacción influyeron significativamente en la viscosidad (Pa.s), siendo el hidrocoloide de la especie *Nostoc Sphaericum* obtenido por liofilización el que sobresalió por tener mayor viscosidad a 7°C y a 0.25% con un valor de 0.1183 Pa.s; superando 4 veces más al hidrocoloide de la especie *Nostoc Commune* obtenido por aire caliente con una baja viscosidad de 0.0280 Pa.s a las mismas condiciones de evaluación, superando al CMC en cuanto a los valores de viscosidad y que solo el hidrocoloide (*Nostoc commune* - Aire caliente) mostro valores inferiores.

Roldan (2015), estudio la caracterización y cuantificación del comportamiento reológico del hidrocoloide proveniente del *Nostoc* (*Nostoc sphaericum* V.). El objetivo de la investigación fue obtener y caracterizar el comportamiento reológico del hidrocoloide del alga en solución a diferentes concentraciones y temperaturas. Considerando el esquema experimental, donde realizaron los análisis proximales del alga seca, luego se obtuvo el hidrocoloide y posteriormente los análisis reológicos en muestras de diferentes concentraciones del hidrocoloide a diferentes temperaturas. De los cinco modelos probados, Oswalt, Bingahn,

Casson, Casson-Modificado y Herschel-Bulkely, los modelos de Ostwald y Herschel Bulkely son los que se ajustaron a los datos obtenidos en el presente trabajo de investigación. Observándose así que es factible la extracción del hidrocoloide del Nostoc para el desarrollo de tecnologías para aplicar el hidrocoloide en diferentes procesos de alimentos.

2.3. Antecedentes regionales

Choque-Quispe et al. (2022), realizaron la investigación sobre la caracterización preliminar de un hidrocoloide atomizado a partir de un alga altoandina (*Nostoc Sphaericum*). El objetivo de esta investigación fue la caracterización preliminar de un hidrocoloide atomizado a partir de algas altoandinas Nostoc. Consideraron cuatro eco tipos de algas de lagunas altoandinas peruanas ubicadas por encima de los 4000 m., fueron sometidas a un proceso de secado por aspersión en medio acuoso. Determinaron que los eco tipos de Nostoc deshidratados presentan proteínas y carbohidratos, así mismo el producto presento buena estabilidad para su uso como hidrocoloide, con valores de potencial (ζ) alrededor de los -30 mV, evidenciando la presencia de -CO-, -OH, -COO-, y -Grupos CH, característicos de polisacáridos. Obtuvieron como resultado que el Nostoc atomizado es un material hidrocoloide de alto potencial para la industria alimentaria, con buen contenido nutricional y comportamiento tecno funcional.

CAPÍTULO III: MARCO TEORICO

3.1. Bases teóricas

3.1.1. El *Nostoc Sphaericum*

El *Nostoc Sphaericum* es un alga formada por colonias de cianobacterias verdes azuladas, marrón o verde oliva, el color verde que se da viene del contenido de clorofila que esta contiene, el azul del pigmento llamado ficocianina, mediante el cual están relacionados con la fotosíntesis. Pertenecen a la familia de los Nostocaceae, tienen aspectos esféricos y gelatinosos, con un diámetro de 10 a 25 mm. Son especies primitivas que se han venido manteniendo desde hace millones de años y su pervivencia es única, ya que existen en zonas semidesérticas hasta zonas de glaciares antárticos (Ponce, 2014).

Capcha et al. (2020), el *Nostoc Sphaericum* es considerado un alimento altamente nutricional, la mayoría de distintos tipos posee un alto valor proteico y aporta la mayoría de los aminoácidos esenciales. Además de ser saludables, son fáciles de digerir porque no posee una celulosa en su pared celular, por el cual el cuerpo humano puede utilizar la mayor cantidad de nutrientes posibles.

El valor nutricional de las algas del *Nostoc* están basadas en su contenido de alto valor proteico de 30%. Estas además de que son fáciles de digerir, contienen carbohidratos en diferentes proporciones ya sea como material de reserva con hasta un 50% (Alvarado y Rodriguez, 2017).

El alga del *Nostoc Sphaericum* es una especie que no se cultiva, son recolectados como “ojos de agua”, ya que son alimentos que crecen de forma silvestre; debido a esta forma de crecimiento, tiene un bajo costo de obtención, ya que resulta ser muy beneficiosos para personas de bajos recursos y ser reemplazado por el consumo de pescado y carnes rojas por su gran aporte de proteínas (Corpus et al., 2021)

Según Delgado (2004), las denominaciones encontradas para el alga *Nostoc sphaericum* son: Cochayuyo, llullucha, yuyucho, cushuro (v. quechua), murujutu (v. quechua), cusuro, cushuro rubio, cushuro verde, crespito, ccochayuyu, chuño, jugadores, llallucha, llucllucha, murmunta, murmuntu, machamacha, ova de los ríos, rachapa, shugur, ululuma, ururupsha, ururupa, ururupa macho, ururupa hembra (pág. 44).

Clasificación taxonomía del Nostoc

Según Capcha et al. (2020), el alga de *Nostoc Sphaericum* tiene la siguiente clasificación taxonómica:

Nombre científico: Nostoc

Dominio: Bacteria

Filo: Cyanobacteria

Clase: Cyanophyceae

Subclase: Nostocophycidae

Orden: Nostocales

Familia: Nostocaceae

Género: Nostoc

Especie: Nostoc sphaericum

3.1.2. Los hidrocoloides

Los hidrocoloides o gomas son polisacáridos con alto peso molecular, aniónicos o neutrales, asociados con cationes metálicos como calcio, potasio o magnesio (Sicha y Lock, 1992).

Saha y Bhattacharya (2010), los hidrocoloides son un grupo heterogéneo de polímeros de cadena larga (polisacáridos y proteínas) caracterizadas debido a su capacidad para crear dispersiones viscosas o similares a geles cuando se dispersan en agua. La presencia de un gran número de hidroxilo (-OH) aumenta notablemente su afinidad por unir moléculas de agua convirtiéndolas en compuestos hidrofílicos, además los hidrocoloides producen una dispersión que es intermedia entre una solución verdadera y una suspensión y se exhibe las propiedades del coloide (pág. 5).

Los hidrocoloides son empleados para describir una amplia cantidad de proteínas y polisacáridos que son utilizados en muchas industrias con diferentes funciones ya sean: espesantes, estabilizantes, gelificantes, estabilizantes de emulsiones, etc, para la textura de los alimentos son añadidos en bajas concentraciones normalmente al 1% (Candia, 2018).

A. Clasificación de los hidrocoloides

Naturales:

Son los hidrocoloides que presentan en su estructura un polisacárido, ya sea como la gelatina que está compuesta por una proteína, que tiene excelentes propiedades hidrofílicas. Sin embargo, estas moléculas de las proteínas se adhieren a la superficie de las gotas de aceite presentes en la emulsión, formando alrededor una capa protectora reduciendo la tensión superficial (Dickinson, 2009).

Los hidrocoloides naturales son derivados de animales y vegetales, los hidrocoloides provenientes de los animales suelen tener la capacidad de crear emulsiones de agua en aceite y en ciertos casos son sensibles al crecimiento bacteriano y la rancidez (Lie y Nie, 2016; Vera, 2019). Mientras que los hidrocoloides derivados de los vegetales, como se muestra en la Tabla 1, son utilizados como emulsiones de aceite en agua tiene la ventaja de ser económicas, fáciles de manejar y no tóxicas, sin embargo, tiene la desventaja de necesitar una gran cantidad para ser emulsionantes efectivos y ser vulnerables al crecimiento microbiano.

Semisintéticos:

Se da debido a que son sintetizados a partir de su modificación desde los hidrocoloides naturales, sin embargo, estas no presentan toxicidad y que esta puede experimentar crecimiento microbiano (Mendoza, 2020).

Sintéticos

Son sintetizados por completo a través de materiales derivados del petróleo, que a su vez estas no son tóxicas, sin embargo, no permiten el crecimiento microbiano y están limitadas para el uso de emulsionantes aceite, agua (Lie y Nie, 2016).

Tabla 1

Clasificación de los hidrocoloides

Clasificación	Compuestos
Hidrocoloides Naturales	Exudados de plantas: Arabiga, Tragacanto, Ghatti Semillas de plantas: Garrofin, Guar Extractos de algas marinas: Agar, Alginatos, Carragenina Almidón, pectina, celulosa Animal: Gelatina, Albumina, Caseína Subproducto vegetal: Pectina, Arabinogalactano
Hidrocoloides Semisintéticos	Derivados de la celulosa: Carboximetilcelulosa (CMC), Hidroxipropilcelulosa, Metilcelulosa Almidones modificados: Hidroxipropil Almidón, Carboximetil Almidón Gomas de fermentación microbiano: Gelano, Xantán Modificados químicamente: Pectina Metoxilada, Alginato de Propilenglicol
Hidrocoloides Sintéticos	Polímeros de óxido de etileno: Polyox Polímeros vinílicos: Polivinilalcohol (PVA), Polivinilpirolidina (PVP)

Fuente: Glicksman (1982).

B. Composición de los hidrocoloides

Las propiedades de estas mezclas dependen de la conformación que adopten los polisacáridos durante la disolución en función de la composición y la presencia de sustitutos. Las interacciones se presentan en su mayoría a través de enlaces de hidrogeno y las dos conformaciones principales en disolución son de ordenación irregular y helicoidal (Silva, 2010, pág. 27).

Valderrama (2012), los factores que influyen dentro de la composición y el tamaño de moléculas de los polisacáridos vienen a ser el genotipo, ya sean sobre las condiciones ambientales y la edad de la planta, esto debido a la variación de la composición que esta presenta y se expresa como porcentaje de los principales monosacáridos

C. Estructura de los hidrocoloides

La estructura de los hidrocoloides es enfatizada con las interacciones que estas se dan mediante el desarrollo con el disolvente. Estas propiedades de los polisacáridos deben ser compatibles con otros polisacáridos, materiales biológicos misceláneos y las proteínas. Los hidrocoloides existen como cadenas ramificadas o lineales que están compuestas por unidades de azúcar, estas cadenas lineales pueden contener cientos y miles unidades de glicosil. Mientras que algunos hidrocoloides son ramificados y que cuentan con una sola unidad de glicosil constituyendo así la cadena de rama lateral (Vargas y Gonzales, 2012).

La relacion estructural que se da entre los hidrocolides según Sicha y Lock (1992) son:

- En celulosa y sus derivados son unidades de glucosa en posición β unidas por enlace $1 \rightarrow 4$.
- En el almidón las unidades de glucosa están en la posición α $1 \rightarrow 4$ y algunos $1 \rightarrow 6$.
- En el agar y la carragenina, extractos de alga, son cadenas de galactosa unidas en forma alternada, en posición α $1 \rightarrow 3$ y β $1 \rightarrow 4$.
- Los exudados de árboles tienen una estructura compleja de varios azúcares, compuestas por galactosa y ácido galacturónico.
- Las gomas de algarrobo y guar (semillas de leguminosas) son galactomananos, contenido predominante manosa (60 – 80 %) y galactosa (40 – 20%); el polisacárido constituye el 82 – 90%, conteniendo la goma, además proteínas 2-5%, fibra bruta 1 – 2%, cenizas 0.5 – 0.8% y humedad del 10 – 12% (pág. 172).

Otro de los aspectos relevantes de los hidrocoloides son el comportamiento de las propiedades reológicas, físicas y químicas que se da como resultado a una estructura molecular específica.

Esta viene a ser la estructura lineal o ramificada y así mismo el grado de ramificación, el cual vienen a ser las que determinan la capacidad de retención de agua de estas características del polisacárido, así como su textura y características reológicas. Se considera que, debido a su origen natural, la estructura molecular puede variar entre especie y dentro de la misma especie (Silva, 2010), los hidrocoloides son clasificados por tres estructuras las cuales son:

a. Estructura lineal

Muestra la conformación más fácil y está formada por moléculas de glúcidos juntos en cadena. Estos tienen volumen hidrodinámico y son los que alteran fundamentalmente en la viscosidad. Requieren un estado de equilibrio estabilizado por las interacciones intermoleculares débiles, que son destruidas por la aplicación de la fuerza de cizalla, y con un comportamiento pseudoplástico. Se observa fenómenos de precipitación en función de la concentración de los polímeros a través de la formación de unidades de gran peso molecular. (Silva, 2010)

b. Estructura ramificada

Llamado también estructura globular muestra cadenas laterales que siguen un patrón de sustitución y que tienen la posibilidad de conseguir pesos moleculares altos. Estas estructuras tienen tendencia a agruparse en forma compacta, ocupando un volumen menor en disolución y presentando un radio de rotación relativamente pequeña en relación con su peso molecular. Muestran comportamientos reológicos Newtoniano, esta propiedad no se ve afectada por la velocidad de cizalla, incluso a valores altos de esta variable, a pesar de que la velocidad obtenida en relación con la concentración suele ser menor que para las concentraciones de polímeros de otro tipo de estructuras.

c. Estructura lineal sustituida

Corresponde a una cadena lineal primordial con ramificaciones cortas que se distribuyen alternativamente, dando cabida a segmentos lisos y ramificados que tienen comportamientos mixtos entre estructuras lineales y ramificadas. Esta clase de moléculas produce muchos diluidos viscosos, a comparación con los polímeros lineales, estas son más estables y no causan precipitaciones, sino crea geles fuertes y flexibles.

Vargas y Gonzales (2012), indican que los hidrocoloides lineales presentan estructuras helicoidales, son los más abundantes que existen uno de ellos viene a ser la celulosa. Mientras que los hidrocoloides ramificados existen en diversas formas ramificadas y con gran variedad de tipos glicósidos en su estructura.

Hidrocoloides como estabilizantes

Para la elaboración de productos alimenticios es necesario el uso adecuado de aditivos alimentarios, donde estas sustancias son usadas con el fin de procesos de manejos

tecnológicos, aumento de vida útil y para mejorar las características organolépticas, dentro del grupo de aditivos alimentarios se encuentran los estabilizantes y la viscosidad, donde estas sustancias mantienen suspendidas las partículas de manera homogénea y evitando la sedimentación y aumentando su viscosidad del producto (Mirhosseini et al., 2008).

3.1.3. Reología

La reología es la ciencia del flujo y la deformación material, explica la interrelación entre fuerzas, deformaciones y tiempo y se aplica a todos los materiales a partir de gases hasta sólidos. Así mismo la reología es la rama de la física que estudia el comportamiento de los fluidos sometidos a diferentes tipos de esfuerzo, generalmente la viscosidad, plasticidad, flujo de materia y elasticidad. La reología se extiende desde la mecánica de los fluidos Newtonianos, hasta la elasticidad de Hooke (Rojas, 2012).

Las propiedades reológicas que se caracterizan son los fluidos que vienen a ser la viscosidad y textura; sin embargo, existen otras propiedades que están relacionadas con la viscosidad las cuales viene a ser la plasticidad, pegajosidad, suavidad, tamaño de partícula, temperatura y densidad (Sicha y Lock, 1992).

Reologia de los alimentos

Las propiedades reológicas de los alimentos vienen a ser los fluidos complejos y que dependen de varios factores, ya sea su composición, velocidad de corte, duración del corte, historial térmico y corte previo que se da. El comportamiento pseudoplastico el más está relacionado con los alimentos de fluidos (Mukprasirt et al., 2000). Las propiedades reológicas sirven para evaluar el modo en que los materiales se deforman o fluyen, a través de respuestas de fuerzas o tensión aplicada, donde nos permiten comprender la estructura de composición de alimentos y así mismo analizar los cambios que ocurren durante el proceso (Alvarado, 2014).

3.1.4. Viscosidad

La viscosidad es la medida de la resistencia a la deformación de los fluidos, es el rozamiento nocivo entre capas adyacentes que se produce en líquidos y fluidos. Esto les otorga propiedades únicas que la diferencia de los gases o sólidos que se miden en Pa. s, que se encuentran relacionados con el esfuerzo cortante con la velocidad de deformación, así como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\tau = \gamma \cdot \eta \dots \dots \dots \text{Ec. (1)}$$

Donde, τ , es el esfuerzo cortante; η , viscosidad (mPa.s); γ , velocidad de deformación (s^{-1})

Tipos de viscosidad

a. Viscosidad dinámica

La viscosidad dinámica se da de acorde a un fluido en movimiento y que dentro de él se desarrolla un esfuerzo cortante y que su magnitud dependerá de la viscosidad del fluido, que se define como la pendiente en cada punto a lo largo de la curva, denominada “ μ ”.

En fluidos como el agua, alcohol y otros líquidos comunes, la magnitud del esfuerzo cortante es directamente proporcional al cambio de velocidad entre las posiciones diferentes del fluido (Mott, 2006).

b. Viscosidad cinemática

Para Mott (2006), la viscosidad cinemática (m^2/s) se define como la relación entre la viscosidad dinámica (μ) y la densidad (ρ), (ecuación 2).

$$v = \frac{\mu}{\rho} \dots \dots \dots Ec (2)$$

Donde μ y ρ al igual que v son propiedades del fluido.

Entonces se puede decir que al derivar las unidades de SI para la viscosidad cinemática al reemplazar las unidades para μ y ρ :

$$v = \frac{\mu}{\rho} = \mu \left(\frac{1}{\rho} \right) \dots \dots \dots Ec (3)$$

Sin embargo, para la viscosidad cinemática se clasifican en dos los fluidos no newtonianos: independientes del tiempo y dependientes del tiempo que tiene una viscosidad a cualquier tensión de corte que no varía con el tiempo.

3.1.5. Fluidos

Según Alvarado (2014), define que los fluidos son sustancias que fluyen sin desintegrarse cuando se aplica una presión, incluyendo gases, líquidos y ciertos sólidos. Para el caso de los líquidos, se requieren varios esfuerzos de cizalla para permitir que las moléculas de una capa se muevan a otra velocidad. La relación entre la fuerza de compresión requerida y el comportamiento reológico característico de un fluido debe dar como resultado una cierta tasa de deformación en el material de compresión. (pág. 176).

Tipos de fluidos

según Ramirez (2006) se clasifican de la siguiente manera: Newtonianos (proporcionalidad entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación) y no Newtonianos (no se da la proporcionalidad entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación) (pág. 30).

La relación que se da entre el esfuerzo cortante y la velocidad se da a través de la siguiente ecuación, modelo Newtoniano general:

$$\tau_{xy} = \mu \frac{du}{dy} = \mu \cdot \gamma \dots \dots \dots Ec (4)$$

Donde: τ_{xy} , esfuerzo cortante (mPa); μ viscosidad dinámica del fluido (mPa-s); du/dy velocidad de deformación del fluido (s^{-1}) = γ (estas unidades son las más usadas en reología).

a. Fluidos Newtonianos:

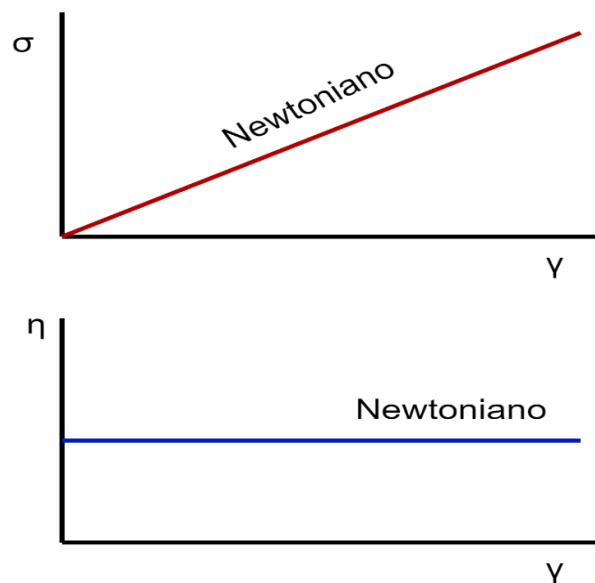
Según (Rincon, 2013), los fluidos Newtonianos vienen a ser aquellos que cumplen la Ley de Newton ya que el esfuerzo y la velocidad de deformación son directamente proporcional y es expresada por la siguiente ecuación:

$$\tau = n \cdot \gamma \dots \dots \dots Ec(5)$$

Indicando, τ fuerza de corte o cizalla; n constante de proporcionalidad y la γ velocidad de deformación.

Figura 1

Curva de fluidos newtonianos



Fuente: Diaz (2018)

Como se observa en la Figura 1, el valor de la viscosidad de σ viene a ser la tangente del ángulo donde se forma el esfuerzo de corte y la velocidad de deformación, donde esta es constante para cualquier valor que se aplica. Como se observa la curva de viscosidad es constante para cualquier velocidad de deformación que se le aplica (Ramirez, 2006).

Por otra parte, Ramirez (2006), indica que los fluidos newtonianos se dan por el deslizamiento relativo de los elementos del fluido al circular uno sobre otro y es proporcional al esfuerzo cortante sobre el fluido. Todo los líquidos y gases de moléculas sencillas son newtonianos.

b. Fluidos no newtonianos

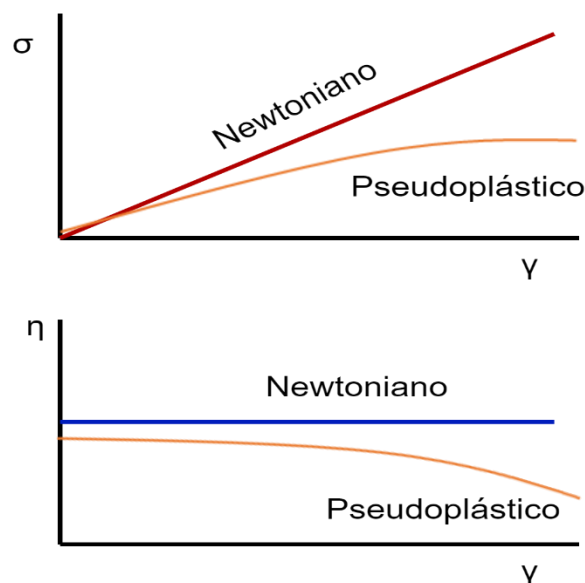
Los fluidos no newtonianos vienen a ser aquellos que no cumplen la ley de Newton donde la relación entre el esfuerzo y la velocidad de cizalla no es constante. Los cuales viene a ser los líquidos complejos, como diluciones de polímeros, suspensiones, emulsiones (Quintana, 2003). Algunos de los fluidos no newtonianos son viscosos no puros, y que se puede realizar medidas de esfuerzo y deformación en el flujo de cizalla estacionaria, siguiendo así el cociente entre ambas magnitudes como la viscosidad aparente o función de viscosidad:

$$\eta(\gamma) = \frac{\sigma}{\dot{\gamma}} \dots \dots \dots Ec (6)$$

donde: σ fuerza de corte o cizalla; η constante de proporcionalidad y la $\dot{\gamma}$ velocidad de deformación.

Figura 2

Curva de fluidos no Newtonianos



Fuente: Diaz (2018)

Como se muestra en la Figura 2, los fluidos no newtonianos, no cumplen la ley de Newton, y que la relación que se da entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación deja de ser lineal. Y que a su vez estas se diferencian en dependientes e independientes del tiempo (Ramirez, 2006).

3.1.6. Modelos de medición reológica

Varios modelos son propuestos para el procedimiento de los datos experimentales para explicar el comportamiento de las características de flujo de las sustancias. Pero un solo modelo no es posible que explique satisfactoriamente los comportamientos de una cierta sustancia en un extenso intervalo de cizallas. Por lo cual estos modelos son útiles para relacionar la conducta de una enorme cantidad de sustancias (Diaz, 2018).

Por los cual otros modelos usados para describir el comportamiento de fluidos no Newtonianos son los siguientes:

Modelo reológico de Ostwald de Lee

También llamado como ley de potencia se representa por la relación que se muestra en la siguiente ecuación:

$$\tau = k\gamma^n \dots \dots \dots Ec (7)$$

El modelo de Ostwald es un modelo de dos parámetros donde: k (índice de consistencia) y n (índice de comportamiento), por lo cual n = 1, el modelo representa el comportamiento newtoniano, con $\eta = k$. En donde, la desviación del valor de n viene a ser la unidad de medida del grado de desviación del comportamiento newtoniano. Para n>1, donde el modelo sigue el comportamiento dilatante, mientras que n<1 indica un comportamiento pseudoplástico (Quintans, 2008).

Sin embargo, se aplica otra ecuación de forma modificada para así evitar la dependencia de las unidades de k con n:

$$\tau = \tau_M \left(\frac{\gamma}{\gamma_M}\right)^n \dots \dots \dots Ec(8)$$

Donde: τ_M es el esfuerzo cortante a una velocidad de cizalla de referencia γ_M que se encuentra relacionado con el índice de consistencia mediante la siguiente ecuación:

$$K = \frac{\tau_M}{\gamma_M^n} \dots \dots \dots Ec(9)$$

Por consiguiente, los valores de viscosidad aparente ilimitado para líquidos, dilatantes a altas velocidades de cizalla y nulas para líquidos pseudoplásticos.

Modelo plástico de Bingham

El modelo plástico de Bingham se aplica a fluidos con esfuerzo umbral, así como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\tau = \tau_y + \eta_B \dot{\gamma} \dots \dots \dots Ec(10)$$

Sin embargo, el material no fluye hasta que no se le aplique un esfuerzo de corte aplicado superior al umbral τ_y (Quintans, 2008). Por lo cual el parámetro η_B se denomina viscosidad plástica y esta relacionado con la viscosidad aparente, así como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\eta_{ap} = \frac{\tau}{\dot{\gamma}} = \eta_o + \frac{\tau_o}{\dot{\gamma}} \dots \dots \dots Ec (11)$$

Modelo de Hershel – Bulkley

El modelo de Hershel - Bulkley viene a ser una generalización del plástico de Bingham y ley de potencia, describen el comportamiento de un fluido rígido de este modelo, así como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\tau = \tau_y + k_H \dot{\gamma}^n \dots \dots \dots Ec(12)$$

Donde: k es el índice de consistencia y n es el índice de comportamiento del flujo, τ_y es el esfuerzo mínimo de cedencia, para así describir el comportamiento plástico y el plástico tipo Casson (Ramirez, 2006).

Modelo de Casson

El modelo de Casson describe las propiedades reológicas de los fluidos de perforación, ya que a altas temperaturas y bajas presiones la aproximación es más pobre, así como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\tau^{1/2} = \tau_y^{1/2} + (k\dot{\gamma})^{1/2} \dots \dots \dots Ec (13)$$

La curva de esfuerzo cortante contra la velocidad de corte se puede transformarse en una línea recta elaborando a si una gráfica de la raíz del cuadrado de esfuerzo cortante contra la raíz tomando este modelo para representar la conducta del flujo (Ramirez, 2006).

Diaz (2018), indica que Casson considero que las partículas de la etapa dispersa poseen la manera de cilindros huecos, cuya interacción axial es inversamente proporcional a la raíz cuadrada del gradiente de velocidad. Así mismo estas partículas permanecen suspendidas en un fluido newtoniano y carecen de movimiento. El modelo de Casson depende de la simetría, concentración y relación en medio de las partículas suspendidas y de la viscosidad de la fase. Este modelo propuesto por Casson se aplica en grandes variedades de fluidos en relación de los derivados de frutas, se usan para determinar el umbral de fluencia.

3.1.7. Estabilidad

La matriz de gel es creada por los estabilizadores, lo que aumenta la estabilidad de las moléculas de proteína al aumentar la capacidad de los constituyentes para retener agua, particularmente las proteínas del alimento (Kunal, 2010).

Se ha demostrado que numerosos factores, incluidos el pH, la estructura química, la concentración, la temperatura de almacenamiento, la luz, el oxígeno, los solventes, la presencia de enzimas, flavonoides, proteínas e iones metálicos, afectan la estabilidad (Arrazola et al., 2013).

Estabilidad en suspensiones

Una dispersión es un sistema polifásico en el que una fase se fragmenta dentro de otra. Hay tres tipos diferentes de sistemas dispersos: espuma, emulsión y suspensión. La fase fragmentada es una cierta cantidad de material gaseoso, líquido o sólido que se denomina burbuja, gota o partícula si son de tamaño macroscópico, así mismo una suspensión puede ser acuosa o no acuosa, donde las suspensiones son dispersiones coloidales donde un sólido se dispersa (fase interna) en una fase líquida continua (fase externa) (Figuroa et al., 2016).

Según Nuñez y Scrofani (2011), para la estabilidad de suspensiones se desea una dispersión estable y uniforme sin la adición de partículas. Pero hay tres fenómenos físicos que conducen a la inestabilidad de una suspensión ya sea: sedimentación, acumulación y coalescencia.

La estabilidad de un sistema coloidal está determinada por el total de las fuerzas eléctricas de repulsión y las fuerzas de atracción de van der Waals experimentadas por las partículas cuando se acercan unas a otras. Donde las fuerzas de repulsión deben ser dominantes, existen dos características generales a través de las cuales se puede producir la estabilidad coloidal: electrostática y esférica (Genovese et al., 2017).

3.1.8. Turbiedad

La presencia de material en suspensión y coloidal como arcilla, limo, material orgánico e inorgánico y otros organismos microscópicos es lo que enturbia las aguas. La turbidez es una expresión de la propiedad óptica que hace que los rayos de luz se dispersen y absorban en lugar de que transmitan a través de una muestra sin cambios. Así mismo, indica que, cuanto mayor es la intensidad de la luz dispersada, más intensa es la turbiedad (Martínez, 2019). La medida de la turbiedad es usada también para evaluar la estabilidad coloidal de partículas, y que a su vez pueden ser útiles para saber en un determinado tiempo si las partículas permanecen suspendidas, además, la medida de la turbiedad sirve para cuantificar la cantidad de proteínas suspendidas y el crecimiento de microorganismos vivos (Giménez et al., 2018).

3.1.9 Potencial zeta

Es una medida que se utiliza para determinar la estabilidad de los sistemas coloidales e indica el potencial que se requiere para penetrar la capa de iones circundante en la partícula para desestabilizarla (Batalla, 2014).

a. Medida de potencial zeta

El potencial ζ , es una medida del potencial eléctrico en el área interfacial de las partículas suspendidas, sus unidades se dan en milivoltios (mV). (Genovese y Lozano, 2001), para la estabilidad de los emulsificantes o sistemas coloidales las fuerzas de repulsión deben ser dominantes, dentro de estas existen dos mecanismos:

Repulsión estérica, donde implica a los polímeros añadidos al sistema se absorben en la superficie de la partícula y provocan la repulsión.

Repulsión electrostática; se da sobre el efecto de la interacción de partículas cargadas en el sistema.

Las mediciones del potencial zeta son utilizadas para evaluar la estabilidad de sistemas coloidales ya que es un indicador de la magnitud de la interacción entre partículas coloidales.

Tabla 2

Valores del potencial zeta y características de suspensión

Valores del potencial zeta	Características de suspensión
+3 a 0 mV	Aglomeración máxima y precipitación
-1 a -5 mV	Excelente aglomeración y precipitación
-5 a -10 mV	Buena aglomeración y precipitación
-11 a -20 mV	Comienzo de la aglomeración (agregado de 2 a 100 coloides)
-21 a -30 mV	Ligera estabilidad
-31 a -40 mV	Sin agregados, estabilidad media
-41 a -50 mV	Buena estabilidad
-51 a -60 mV	Estabilidad muy buena
-61 a -80 mV	Excelente estabilidad
-81 mV a -100 mV	Estabilidad máxima (para sólidos)
-81 mV a -125 mV	Estabilidad máxima (para emulsiones)

Fuente: Aguilar (2002)

Para Aguilar (2002), los valores de los parámetros electrocinéticos como es potencial zeta son indicativos de estabilidad de suspensiones coloidales. El potencial zeta esta relacionado con la carga de los coloides que refleja la capacidad de absorber iones y moléculas dipolares. La mayoría de los coloides del agua viene a ser electronegativos, con un valor de potencial

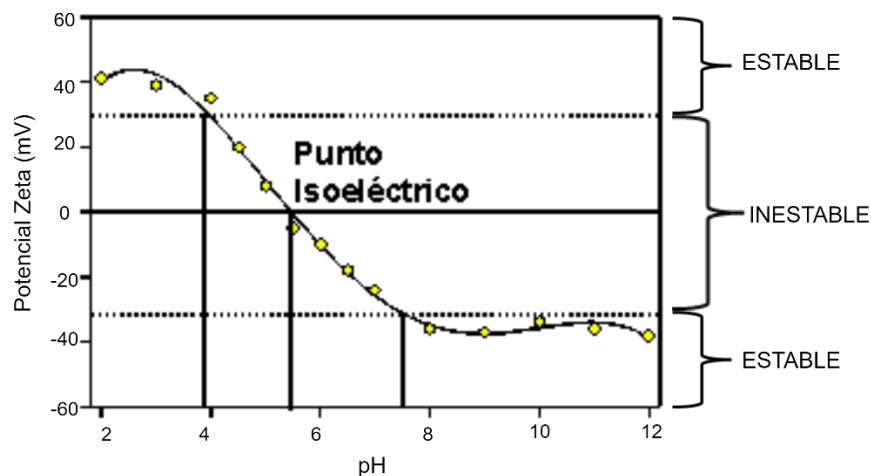
zeta, que está comprendido entre -14 y -30 mV, sin embargo, la adición de coagulantes lleva un cambio en la carga de partículas desde negativas hasta partículas positivas, como se muestra en la Tabla 3, se puede identificar los valores del potencial zeta y las características de suspensiones coloidales (pág. 26).

Potencial z como función del pH

El potencial zeta se determina por naturaleza de superficie de partícula y el medio de dispersión, el pH en el potencial zeta viene a ser un parámetro muy importante, así como muestra en la Figura 4.

Figura 3

Potencial zeta en función del pH



Fuente: Kosegarten y Jimenez (2012)

La variación con respecto al pH, donde los valores de -30 a 30 mV indican inestabilidad en el sistema, mientras que valores por debajo de -30 y arriba de 30 mV, indicando aumento en la estabilidad, cada vez que sea mayor aumenta de forma absoluta el valor del potencial zeta (Kosegarten y Jimenez, 2012).

3.1.10. Color aparente

El color en cuerpos acuáticos de agua se conoce como color aparente y resulta de la presencia tanto de sustancias suspendidas como desprendidas, mientras que el color real o verdadero es producido exclusivamente por sustancias desprendidas o disueltas. Son medidas a través del método de platino-cobalto (PCU) (Apha, Awwa y Wef, 2012).

El termino de agua del que se ha retirado la turbiedad, es el término "color aparente" se refiere tanto a los colores causados por materiales suspendidos como a los colores causados por sustancias en solución. El color aparente se determina en la muestra original sin filtrar ni

centrifugar. Sin embargo, el color es aportado principalmente por partículas coloidales o suspendidas en algunas aguas residuales industriales altamente coloreadas, y en estas situaciones, se debe determinar tanto el color real como el color aparente (Guerrero et al., 2016).

Martínez (2006), sugiere las siguientes series para muestras con intensidad de color:

- Soluciones patrón de 2, 4, 6, 8 y 10 PCU, para muestras de agua dulces pocos coloreadas.
- Soluciones patrón de 5, 10, 15, 20 y 25 PCU, muestras medianamente coloreadas.
- Soluciones patrón de 10, 20, 30, 40 y 50 PCU, muestras muy coloreadas.
- Soluciones patrón de 40, 60, 80, 100 y 120 PCU, muestras altamente coloreadas.

3.1.11 Espectros de absorción

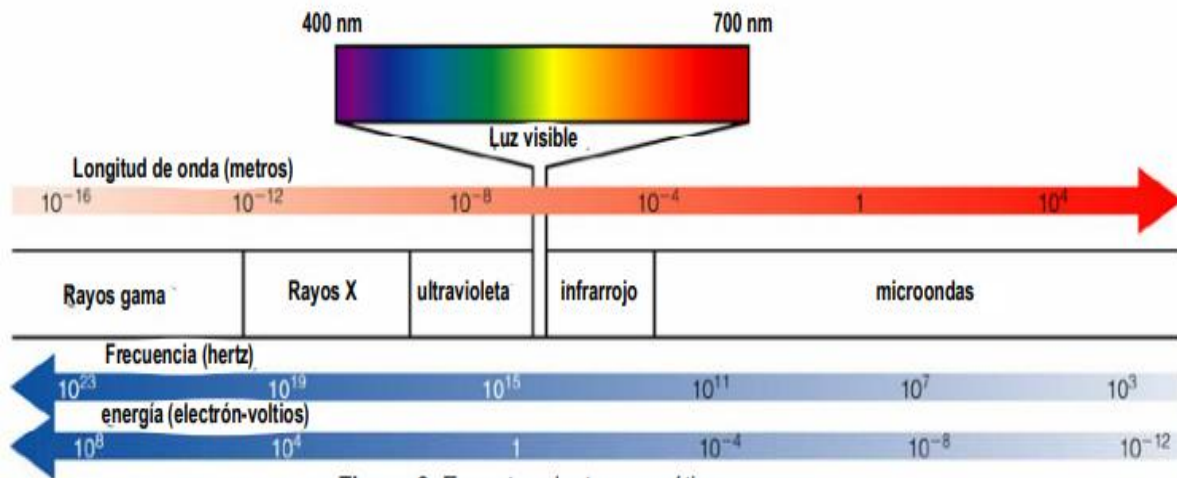
La capacidad de las moléculas para absorber radiación, incluida la radiación en el espectro UV-visible, es la base de la espectroscopia. Las longitudes de onda de las radiaciones que una molécula puede absorber y la eficiencia con la que pueden hacerlo dependen de la estructura molecular y de las condiciones del medio (pH, temperatura, radiación ionizante y constante dieléctrica), haciendo de esta técnica una herramienta útil para identificar y caracterizar estructuras biomoleculares (Abril et al., 2000).

La cantidad de radiación que incide sobre la muestra puede ser total o parcialmente absorbida, ya que el color percibido de los objetos es complementario a la cantidad de luz que refleja. Cuando una molécula es absorbida a ciertas longitudes de onda de luz visible y transmite o reflejan a otras, quiere decir que, la molécula tiene un color y si se absorbe todas las longitudes de onda el objeto aparece negro, si refleja todas las longitudes de onda se observa color blanco (Martínez, 2018).

Según Abril et. al (2000), en espectrofotometría de absorbancia se usan las regiones del ultravioleta (UV cercanos a 195 – 400 nm) y el visible (400 – 780 nm).

Figura 4

Espectro electromagnético



Fuente: Abril et al. (2000)

En la Tabla se presentan los colores que son vistos por el ser humano en relación a la longitud de onda a la cual absorben:

Tabla 3

Colores reflejados y visibles

λ (nm)	Color absorbido	Color reflejado
380 - 420	Violeta	Amarillo-verde
420-440	Azul-violeta	Amarillo
440-470	Azul	Anaranjado
470-500	Verde-Azul	Rojo
500-520	Verde	Purpura
520-550	Amarillo-Verde	Violeta
550-580	Amarillo	Azul-Violeta
580-620	Anaranjado	Azul
620-680	Rojo	Verde-Azul
680- 780	Purpura	Verde

Fuente: Gonzales y Hernández (2002)

3.1.12. Color

El color es una percepción humana de la luz reflejada por un objeto, es una apreciación que depende de cómo nuestros ojos reconocen la luz reflejada y como lo procesa nuestro cerebro, y que esta influenciado por el objeto, el observador, la fuente de luz, geometría óptica, área, superficie y brillo (Delmoro et al., 2010).

Como se sabe el color está relacionado con la calidad del alimento ya que es un parámetro que es el primer contacto que el consumidor lo relaciona con la aceptación o el rechazo. Mientras que, en los alimentos naturales, como las frutas su color tiene resultados de características físicas y concentración de pigmentos, ya que estos dependen de la calidad del producto. La gran mayoría de los cambios de color de frutas procesadas están relacionadas con las reacciones de oscurecimiento enzimático y no enzimático, ya sea como la degradación de pigmentos (Ulloa, 2007).

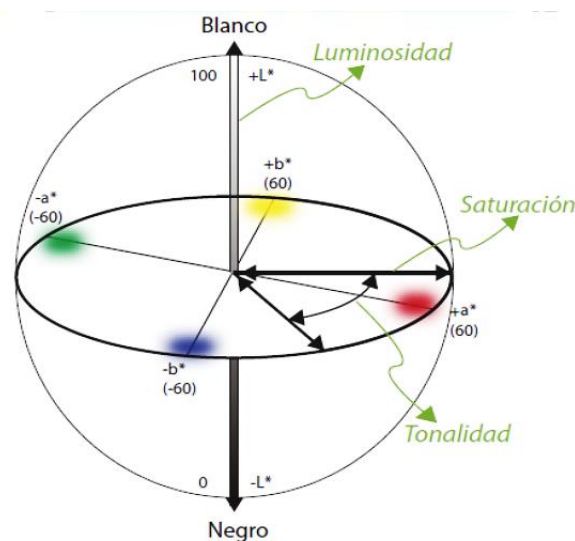
Técnicas de medición del color

Colorimetría

La colorimetría sirve para numéricamente caracterizar el color de un objeto, que estén bien aislados o que formen parte de un suceso, la colorimetría es caracterizada al estímulo luminoso que llega al ojo, mediante componentes de un vector con espacio vectorial, en colorimetría es sencilla de tratar al color. Las fórmulas y datos más utilizados en la tecnología para la determinación del color vienen a ser CIELAB y CIELUV con la fórmula de color CIE94 (Artigas, 2002).

Figura 5

Coordenadas de color en el sistema CIELAB



Fuente: Ramirez (2010)

El espacio del color CIELAB, referido como CIE $L^* a^* b^*$, actualmente es uno de los espacios de color más utilizados y consistentes para evaluar el color en la industria alimentaria, es un área de color (Figura 5) muy utilizada porque los valores numéricos del color se correlacionan constantemente con la percepción visual humana, ya que así los investigadores y fabricantes

lo utilizan para evaluar los atributos de color, detectar discrepancias y establecer tolerancias de color (Chiralt, 2007).

Espacio CIE L* a* b*, indica que la coordenada luminosidad L* (0 = negro y 100 = blanco), croma a* y b* (+a = rojo, -a = verde, +b = amarillo y -b = azul), de esta manera los colores se representan en el espacio a unas distancias proporcionales a diferencias visuales entre ellos (Espinoza, 2017; Choque-Quispe et al., 2022).

Índice de color

Vignoni et al. (2006), indica que el color se puede medir a través del índice de color mediante la determinación del índice de color IC* de acuerdo a la ecuación (15). Donde L, a* y b* son los parámetros del sistema CIELAB, el parámetro L indica un valor de luminancia o brillo de la muestra, el parámetro a indica la zona de variación entre el rojo y verde del espectro, mientras que el parámetro b indica la zona de variación entre el amarillo y el azul del espectro.

$$IC^* = \frac{a \cdot 1000}{L \cdot b} \dots \dots \dots Ec \quad (15)$$

El IC* se usa como variable de control de calidad organoléptica de los alimentos, así mismo nos permitirá expresar el color en un solo dato numérico y son expresadas de la siguiente manera (Vignoni et al., 2006):

- Si IC* es negativa (-40 a -20), este valor va relacionado con los colores desde el azul-violeta al verde profundo.
- Si IC* es negativo (-20 a -2), este color va relacionado con los colores que van del verde profundo al verde amarillento.
- Si IC* esta entre -2 a +2, representa el amarillo verdoso
- Si IC* es positivo (+2 a +20), está relacionado con los colores que van desde el amarillo pálido al naranja intenso.
- Si IC* es positivo (+20 a +40), está relacionado con los colores que van desde el naranja intenso al rojo profundo.

3.2. Marco conceptual

Hidrocoloide: son polímeros que contiene altos pesos moleculares de diversos orígenes que al mezclarse con el agua dan lugar a soluciones viscosas o gelificantes que son utilizados para productos alimentarios (Boatella, 2004).

Reología: es la rama de la física que estudia las propiedades mecánicas de los gases, líquidos, plásticos, sustancias asfálticas, etc. (Ramirez, 2006).

Viscosidad: se llama viscosidad cuando una suspensión acuosa de almidón es calentada por encima de su temperatura de gelatinización y que los gránulos de almidón absorben el agua y se hinchan gradualmente, incrementando su volumen (Hwang y Kokini, 1992).

Comportamiento reológico: es el estudio de las propiedades de viscosidad, densidad y fluidez de los fluidos teniendo en cuenta su deformación y flujo (Rodríguez, 2005).

Estabilidad: la estabilidad se refiere al estado de menor energía (o equilibrio químico) de un sistema con respecto a su entorno, de modo que permanecerá estable (en su forma o estado) sin modificación externa (Hernández y Sastre, 1999).

Turbiedad: refleja el contenido de minerales, sustancias coloidales u orgánicas en el agua (Martínez et al., 2020).

Potencial zeta: son medidas que son utilizadas para evaluar la estabilidad de sistemas coloidales (Zeta-Meter, 2022).

Color aparente: es el color de toda la muestra del agua, el color se da debido a los componentes disueltos y suspendidos (Apha, Awwa y Wef, 2012).

Absorbancia: es la medida de radiación que absorbe una sustancia cuando esta incide las ondas electromagnéticas (Salgado y Hernández, 2014).

Color: el color es la propiedad de la materia que está relacionado directamente con el espectro de luz que se miden físicamente en términos de energía radiante, intensidad y por longitud de onda (Ulloa, 2007).

Índice de color: es una medida factible y practica de determinar un valor del color medido en cualquier instante de la variación (Vignoni et al., 2006).

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Lugar de ejecución

El trabajo de investigación se desarrolló en las instalaciones de los Laboratorios de Investigación en Materiales para el tratamiento de Aguas y Alimentos (LIMTA) de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, asimismo, en el Laboratorio de Investigación de Nanotecnología de Alimentos (LINA) de la Universidad Nacional José María Arguedas, ubicado en Jr. 28 de Julio 1103 del distrito de Talavera, provincia de Andahuaylas y región de Apurímac.

Las pruebas reológicas se desarrollaron en el laboratorio de Química de la Universidad Nacional Intercultural de Quillabamba, ubicado en Jr. Kumpirushiato, Quillabamba 08741.

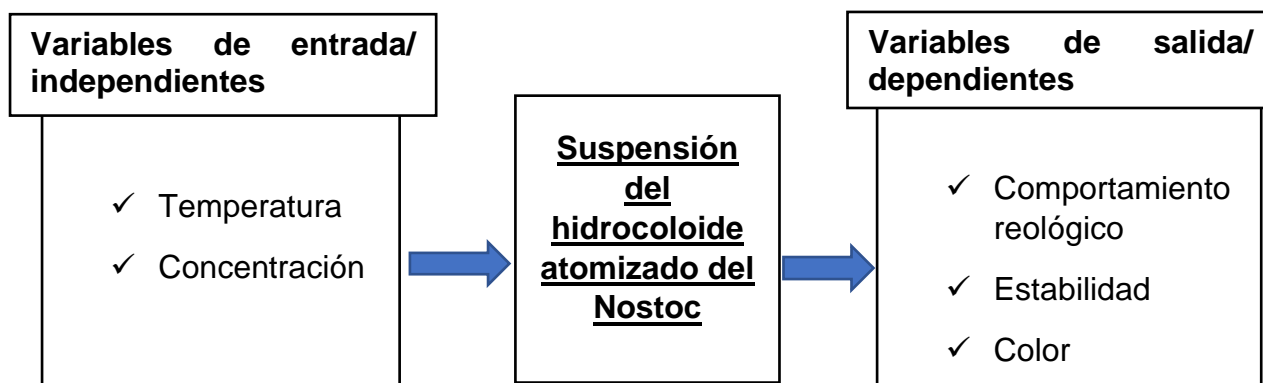
4.2. Identificación de variables

4.2.1. Variables independientes y dependientes

En la Figura 6, se muestra las variables independientes y dependientes:

Figura 6

Variables independientes y dependientes



4.3. Materiales, instrumentos y equipos

Los materiales, equipos, instrumentos, insumos y reactivos que se utilizó en el proyecto de investigación se detallan de la siguiente manera:

4.3.1. Materiales

La Tabla 4 muestra los materiales que se utilizó en el desarrollo de la parte experimental del proyecto.

Tabla 4

Materiales

N°	Cantidad	Materiales
1	1	Probetas 500 ml
2	2	Probetas 50 ml
3	96	Tubo de ensayo graduada de 20 ml
4	4	Vaso precipitado 1000 ml
5	8	Vaso precipitado 600 ml
6	16	Vaso precipitado de 50 ml
7	4	Fiola de 50 ml
8	2	Micropipeta 1000 – 5000 μ l
9	1	Micropipeta 100 – 1000 μ l
10	96	Puntas de pipeta
12	1	Rotulador
13	2	Pinzas de laboratorio
14	4	Papel filtro
12	8	Cubetas de cuarzo
13	20	Cubetas desechables
14	4	Cubetas de vidrio
15	1	Cubeta para potencial zeta

4.3.2. Equipos

Los equipos necesarios utilizados en el desarrollo de la parte experimental del proyecto de tesis se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5

Equipos

N°	Cantidad	Descripción	Marca
1	01	Reómetro	ANTON PAAR
2	01	Colorímetro de mesa (CR-5)	KONICA MINOLTA
3	01	Analizador de potencial zeta	MALVERN PANALYTICAL
4	01	Fotómetro	HANNA
5	01	Espectrofotómetro UV (Genesys 150)	THERMO FISHER
6	04	Agitador magnético	CAT
7	02	Potenciómetro	HANNA
8	01	Refrigeradora eléctrica domestica	KFRIO
9	01	Estufa	BINDER
10	04	Termómetro digital	SOLITEC
11	01	Balanza analítica	FISHER SCIENTIFIC
12	01	Vortex	ISOLAB
13	01	Estufa de secado	BINDER

4.3.3. Insumos y reactivos

Los reactivos que se utilizaron para el desarrollo de esta investigación se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6

Insumos y reactivos

N°	Unidad	Descripción
1	ml	Agua destilada
2	ml	Agua ionizada
3	g	Hidróxido de sodio
4	g	Ácido cítrico
5	g	Benzoato de Sodio

4.4. Población y muestra

4.4.1 Población

La población está constituida por el hidrocoloide atomizado de *Nostoc Sphaericum*, código C-H, el cual fueron recolectados del manantial de Pucccocha de la Comunidad de Huamanilla del distrito de José María Arguedas de la región de Apurímac (latitud sur: 13°47'52" S, latitud oeste: 73°17'55" W) con una altitud de 4251 msnm; el cual fueron utilizados para preparar las suspensiones acuosas a diferentes concentraciones y temperatura.

4.4.2. Muestra

El tamaño de muestra está sujeto a la cantidad de hidrocoloide a utilizar en las pruebas experimentales, la muestra estuvo compuesta de una cantidad aproximadamente de 5 g. de atomizado de *Nostoc Sphaericum*.

4.4.3. Muestreo

Se realizó un muestreo no probabilístico (intencional), el cual consistió en tomar el hidrocoloide atomizado de *Nostoc Sphaericum* a criterio, permitiendo seleccionar casos característicos de una población limitando la muestra (Otzen y Manterola, 2017).

4.4.4. Unidad de análisis

La unidad de análisis de estudio fue la suspensión del hidrocoloide atomizado, para su evaluación en el comportamiento reológico, estabilidad y color.

4.5. Tipo de investigación

4.5.1. Según el enfoque:

Cuantitativa: ya que se obtuvo datos numéricos, sobre el comportamiento reológico, estabilidad y el color de las soluciones acuosas con el hidrocoloide atomizado a diferentes concentraciones y temperatura. La investigación cuantitativa (empírico-positivista) establece una brecha significativa entre el sujeto que se estudia y la realidad que se ve, la cual está siendo entendida por el investigador como un agente externo. Según esta metodología, la medición y cuantificación de los datos constituye el procedimiento para lograr la objetividad del proceso de aprendizaje (Monje, 2011).

4.5.2. Según el fin que persigue:

Aplicada: debido a que se considerarán conceptos teóricos, tecnológicos y científicos, que permitan abordar la problemática identificada hacia el comportamiento reológico, estabilidad y el color de las soluciones acuosas con el hidrocoloide atomizado a diferentes concentraciones y temperaturas, con el objetivo de mejorar los procesos alimentarios. Dado que los problemas o las hipótesis de trabajo se desarrollan con base en la investigación básica, pura o fundamental en ciencias prácticas o teóricas (Nicomedes, 2018).

4.5.3. Según el tiempo:

Transversales: ya que los resultados de la evaluación reológica fueron recolectados en un solo tiempo de acuerdo a los procedimientos experimentales de análisis, quiere decir que está orientado a la recolección de datos en un solo periodo (Fernández et al., 2014).

Longitudinal: ya que los datos de la estabilidad y color, son recolectados, en diferentes periodos de tiempo. Los diseños longitudinales están disponibles, ya que recopilan datos a lo largo del tiempo para sacar conclusiones sobre los cambios, sus causas y sus efectos, estos tiempos o puntos normalmente se especifican de antemano (Fernández y Baptista, 2016).

4.5.4. Según la técnica de contrastación:

Experimental: ya que se manipulo las variables independientes como la temperatura y concentración. La investigación experimental se basa en la manipulación intencional de una variable independiente y el análisis de su efecto sobre una variable dependiente (Galarza, 2021).

4.6. Metodología experimental

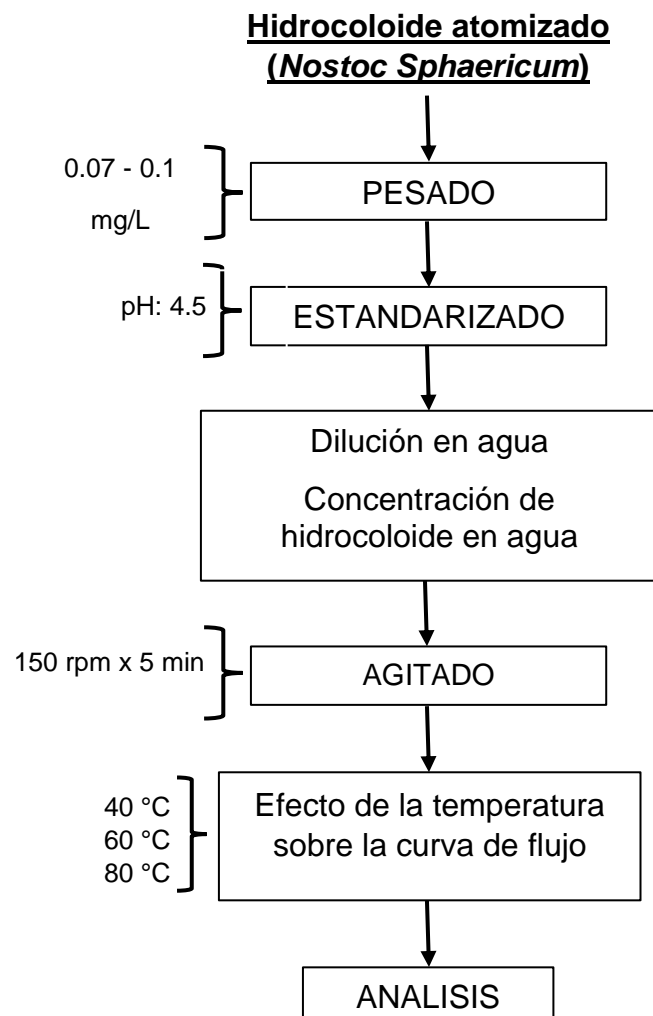
4.6.1. Preparación de la suspensión

Descripción del diagrama de flujo para la evaluación reológica de la suspensión del hidrocoloide atomizado *Nostoc Sphaericum*

En la Figura 7, se muestra el procedimiento para la medida del análisis reológico según la metodología propuesta por Roldan (2015) con algunas modificaciones, se preparó para las suspensiones de hidrocoloide, concentraciones de 0.07 y 0.1 mg/L, luego fueron diluidas en el agua y llevados al agitador termomagnético a 150 rpm por 5 min, luego son llevados al equipo del reómetro para su posterior análisis, llevado a temperaturas de 40, 60 y 80°C, ya que el equipo del reómetro permite hacer lecturas mayores a tres niveles de temperatura.

Figura 7

Procedimiento para las medidas reológicas



Descripción del diagrama de flujo de la preparación de la suspensión del hidrocoloide de *Nostoc Sphaericum*

En la Figura 8, se muestra la preparación de la suspensión del hidrocoloide de *Nostoc Sphaericum*, para su posterior análisis.

Pesado: se pesó 0.07 y 0.1 mg/L de atomizado de *Nostoc Sphaericum* como estabilizante y como conservante sorbato de potasio 0.001 mg.

Estandarización: el agua ionizada se regulo hasta alcanzar un pH de 4.5 adicionándose ácido cítrico e hidróxido de sodio llegando a alcanzar el pH deseado.

Homogenización: Las muestras pesadas se mezclaron con las soluciones estandarizadas, con el fin de diluir, unificar y compactar la muestra del hidrocoloide en la suspensión.

Agitación: una vez homogenizado las muestras del hidrocoloide fueron llevados al agitador termomagnético, dejando en agitación constante por 24h a 60 RPM a temperatura ambiente.

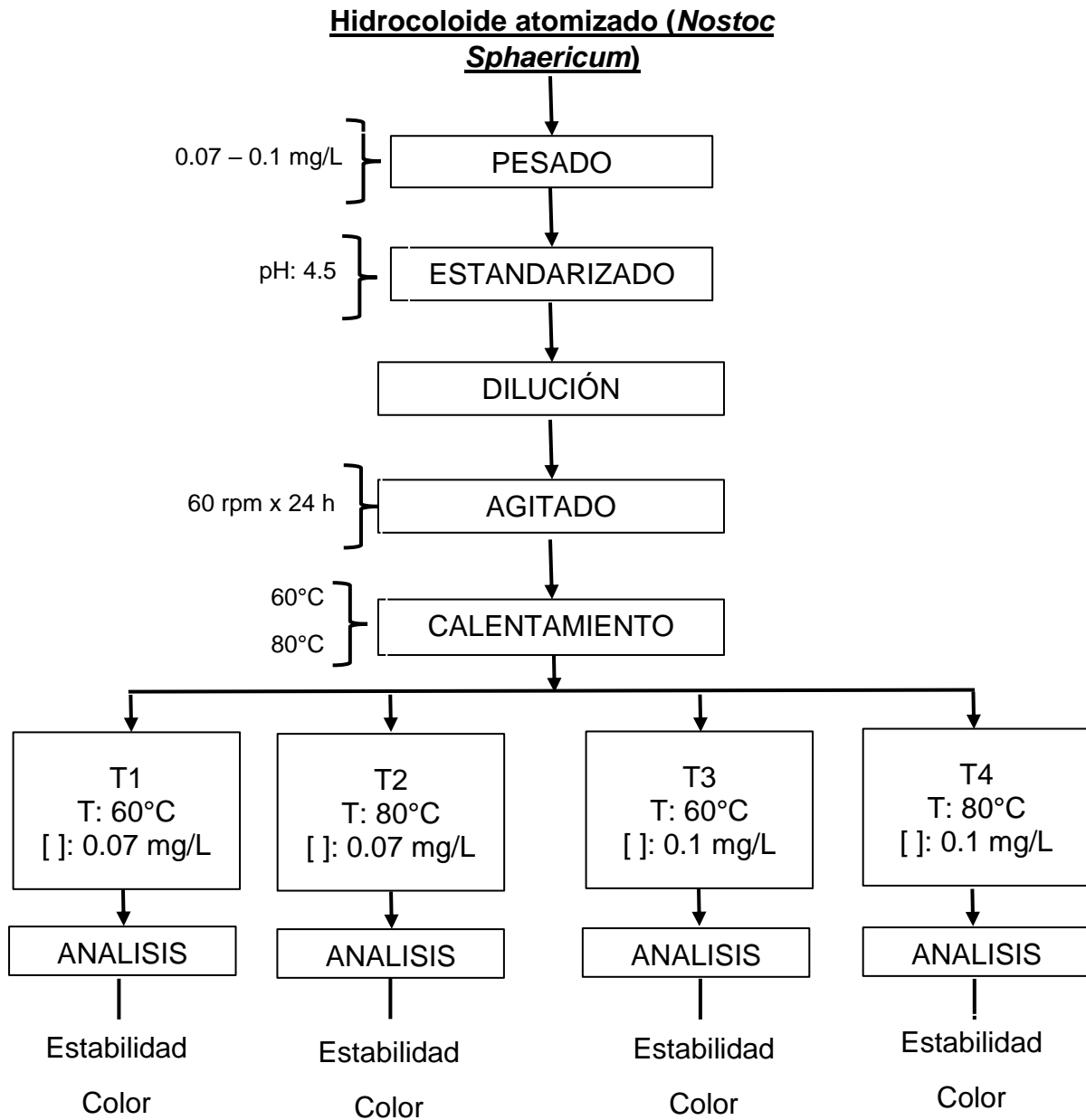
Calentamiento: una vez pasada las 24h, se calentó las muestras a temperaturas de 60 y 80 °C por 1 min. para cada uno de los tratamientos, luego fueron llenados en los tubos de ensayo de 20 ml.

Almacenado: las suspensiones del hidrocoloide de *Nostoc* fueron almacenados a temperatura ambiente, para su posterior análisis.

Análisis: se evaluó la estabilidad e índice de color de la suspensión del hidrocoloide del *Nostoc*.

Figura 8

Diagrama de flujo de la suspensión del hidrocoloide



4.7. Métodos de análisis

4.7.1. Determinación del Punto de carga cero (PCC)

Para el punto de carga cero se determinó según la metodología propuesta por (Ligarda-Samanez et al. 2022; Amaringo y Hormaza 2013), donde las medidas se realizaron en un medidor multiparámetro (potenciómetro, Hanna HI 5522).

Procedimiento

- ✓ Se prepararon soluciones con pH de 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9 ajustada con HCl 0.1 N y NaOH 0.1 N
- ✓ Se pesaron 0.1g del hidrocoloide *Nostoc Sphaericum* para ser adicionados a 10 ml de cada solución de pH
- ✓ Luego fueron llevados al agitador termomagnético con agitación constante a 150 rpm durante 24 horas a temperatura ambiente
- ✓ Pasado el tiempo se midió el valor del pH final de la solución

El PCC se da al punto donde la curva de pH final en función del pH inicial corta la diagonal, se graficó los valores del pH inicial vs el pH final donde la intersección entre las curvas reporto el valor del PCC.

4.7.2. Comportamiento reológico

Se determinó el comportamiento reológico según la metodología propuesta por (Roldan, 2015), donde las muestras experimentales fueron sometidas a pruebas continuas a través de un reómetro rotacional (Reómetro - Anton Paar MCR 702e MultiDrive).

Para la medida de curva de flujo se determinó con el cilindro (concéntrico) CC27 Parte N° 78234, serie N° 77876, diámetro 26.661 mm, longitud 39.996 y diámetro de taza 29.914 mm, a una tasa de corte de 1 a 300 S⁻¹.

Las muestras fueron colocadas en la taza del cilindro del reómetro, se acciono el desplazamiento del accesorio superior hacia la muestra hasta alcanzar la distancia de medición, las muestras fueron sometidas a un ciclo de deformación (curvas ascendente y descendente).

Luego fueron analizados mediante los modelos de esfuerzo de cizalla para fluidos a través de la Ley de Potencia, Plástico de Bingham, Herschel-Bulkley y Casson.

Medición de los modelos reológicos

Los modelos reológicos se realizaron con las ecuaciones 7,10,12 y 13, se ajustaron a través del Software Statistica (Statsoft, Tulsa, OK, USA) siguiendo la metodología propuesta por

(Quispe-Chambilla et al., 2022), tomando como criterio de convergencia el coeficiente de correlación ajustada (R^2).

4.7.3. Método de análisis para determinar la estabilidad

La estabilidad de la suspensión se evaluó durante 20 días, fueron determinados por los parámetros de turbiedad, sedimento, potencial zeta, color aparente, absorbancia (barrido UV).

Turbiedad del sobrenadante

Para la medida de la turbiedad del sobrenadante de la suspensión del hidrocoloide, se realizó con un Fotómetro, Hanna HI9829 previamente calibrado a través de la transmitancia de luz con el fin de determinar el grado de turbiedad del hidrocoloide con una longitud de 560 nm, las mediciones de las muestras de la suspensión del hidrocoloide se realizaron por 6 réplicas, las medidas se realizaron durante 24 días en rangos de 4 días

Procedimiento:

- ✓ Se llenó la primera cubeta con agua desionizada como blanco, luego fueron llevado al fotómetro para su medida.
- ✓ Para el día 0 se midieron las muestras de los 4 tratamientos, para su posterior lectura con el fotómetro.
- ✓ A partir del día 1 se extrajeron 10 ml de suspensión de los 4 tubos de ensayo, para su posterior lectura con el fotómetro, repitiendo el mismo procedimiento para el día 4, 8, 12, 16 y 20.

Turbiedad del sedimento

Para la medida de la turbiedad del sedimento, se realizó con el Fotómetro, Hanna HI9829, se midió la transmitancia de la suspensión del hidrocoloide en el sedimento, siguiendo la metodología propuesta por (Oluwasogo y Odeniyi, 2017) con algunas modificaciones, la medida del sedimento se realizó con la mayor concentración del hidrocoloide presente en la parte inferior de los tubos de ensayo, bajos condiciones de almacenamiento a temperatura ambiente.

Procedimiento

- ✓ Se llenó la primera cubeta con agua desionizada como blanco, luego fueron llevados al fotómetro para su medida.
- ✓ Para el día 1, luego de haber extraído los 10 m para la medida de la turbiedad, quedando 10 ml de suspensión en los tubos de ensayos.

- ✓ Para luego ser extraídos con una pipeta 8 ml de la suspensión, quedando como base 2 ml de suspensión.
- ✓ Luego fueron llevados a un vortex a agitación de 3000 RPM por 5 min, hasta conseguir una mezcla uniforme.
- ✓ Luego son colocadas a cada cubeta para su posterior lectura en el fotómetro.

Se realizó el mismo procedimiento para la lectura de los demás días, la medida se realizó a través del sedimento del hidocoloide de la suspensión de los 2 ml de la base de cada muestra.

Potencial zeta

Para la medida del potencial zeta, se usó un analizador de potencial zeta, ZetaSizer, Malvern Panalytical ZSU3100, serie N° MAL1289436, mediante la movilidad electroforética. Para luego ser registrados en la computadora con un software llamado ZS XPLOER, las medidas se llevaron a cabo para cada tratamiento con tres repeticiones, se utilizó la metodología propuesta por (Choque-Quispe et al., 2022).

Procedimiento

- ✓ Se extrajo 2 ml de muestra en jeringa de 10 ml, se introdujo la jeringa por un lado de la celda para ser llenado con la muestra
- ✓ Mientras que por el otro lado de la celda con otra jeringa vacía se aspira la muestra hasta que el nivel de la muestra sobrepase la jeringa superior, procurando que no queden burbujas de aire
- ✓ Se conecto la celda al equipo
- ✓ Se determino la lectura en el equipo a longitud de onda del láser de 632.8 nm, ángulo de dispersión de -14.14° , y fuerza de campo eléctrico de 5 V/cm

Color aparente

La medida del color aparente se realizó a través del equipo Fotómetro, Hanna HI9829 previamente calibrado, a través del método de color del agua, método Platino Cobalto que se utiliza para medir aguas residuales, con una longitud de 460 nm a fin de determinar el color que percibe la muestra, las medidas fueron llevado a cabo para cada tratamiento con 6 repeticiones.

Procedimiento:

- ✓ Se llenó la primera cubeta, hasta la marca con agua desionizada, como blanco, luego fueron llevados al fotómetro para su posterior medida

- ✓ Luego las muestras de los 10 ml de la suspensión son colocadas a las cubetas en el fotómetro para su posterior lectura.

Absorbancia (barrido UV)

La medida del espectro de absorción se determinó a través del equipo Espectrofotómetro UV, Genesys 150 previamente calibrado, con un intervalo de longitud de onda de 200 - 800 nm y un intervalo de 2.0 nm siguiendo la metodología propuesta por (Mathias-Retting y Ah-Hen, 2014) con algunas modificaciones, las muestras son colocadas a cubetas de cuarzo (12.5x12.5x45 mm), con 2 ml de muestra, para ser colocadas a las celdas del equipo de espectrofotómetro para su medición, se usó agua desionizada como blanco. Una vez obtenido los datos de absorbancia de cada tratamiento, fueron graficados sobre Excel.

4.7.4. Color

El color se determinó con el sistema CIELAB, utilizando el colorímetro de mesa CR – 5, KONICA MINOLTA, previamente calibrado, las medidas del color se llevaron a cabo para cada tratamiento con 6 repeticiones de la muestra.

Procedimiento

- ✓ Las muestras fueron colocadas en una cubeta de cuarzo, que se empleó para medir los parámetros de color $L^* a^* b^*$.
- ✓ Luego las muestras fueron colocadas al equipo del colorímetro para su posterior lectura.

Una vez obtenidas los datos de la medida de la lectura, se calculó el índice de color (Ecuación 15) de la suspensión del hidrocoloide, siguiendo la metodología propuesta por (Vignoni et al., 2006).

4.8. Diseño experimental

Se evaluó el comportamiento reológico a través del coeficiente de correlación ajustada (R^2), a las temperaturas de 40, 60 y 80 °C concentraciones de 0.07 y 0.1 mg/L.

El diseño experimental que se utilizó, fue el diseño factorial 2^2 , es decir dos factores (temperatura y concentración) cada uno con dos niveles (alto y bajo), cada uno con seis repeticiones, este diseño se determinó para la estabilidad y color de la suspensión, el tiempo (días) es una variable, que es representada como una variable no experimental de la formulación que se presentó como un análisis de seguimiento en el tiempo.

Según (Gutiérrez y de la Vara, 2008), el diseño factorial consiste en el estudio del efecto de dos factores considerado con dos niveles cada uno, y que cada replica consiste de $2 \times 2 = 4$ tratamientos o combinaciones, estas notaciones se usan en casos particulares, la notación

+1, -1 a la hora de hacer cálculos para ajustar por mínimos cuadrados un modelo de regresión, se utilizó el software de Statistica para realizar el modelamiento reológico de la suspensión del hidrocoloide mientras que el software Minitab 17 se utilizó para determinar los efectos principales y contornos en la estabilidad y color de la suspensión.

Tabla 7

Matriz del diseño factorial para el experimento

Trat.	Temperatura	Concentración	Estabilidad	Color
1	60 °C	0.07	---	---
2	80°C	0.07	---	---
3	60 °C	0.1	---	---
4	80 °C	0.1	---	---

4.8.1 Técnicas de análisis de datos

Los datos fueron analizados a través de un análisis de varianza (ANVA) bifactorial, con el fin de determinar la variabilidad de los tratamientos con un nivel de significancia del 5%, para lo cual se propuso las siguientes hipótesis estadísticas:

➤ **Efecto de la temperatura**

Hipótesis nula, Ho: La temperatura no tiene efecto significativo sobre la estabilidad y color de suspensiones de un hidrocoloide atomizado de *Nostoc Sphaericum*.

Hipótesis alterna, HA: La temperatura tiene efecto significativo en la estabilidad y color de suspensiones de un hidrocoloide atomizado de *Nostoc Sphaericum*.

➤ **Efecto de la concentración**

Hipótesis nula, Ho: La concentración no tiene efecto significativo en la estabilidad y color de suspensiones de un hidrocoloide atomizado de *Nostoc Sphaericum*.

Hipótesis alterna, HA: La concentración tiene efecto significativo en estabilidad y color de suspensiones de un hidrocoloide atomizado de *Nostoc Sphaericum*.

➤ **Efecto de la interacción de la temperatura y concentración**

Hipótesis nula, Ho: La interacción temperatura y concentración no presentan efecto significativo en la estabilidad y color de suspensiones de un hidrocoloide atomizado de *Nostoc Sphaericum*.

Hipótesis alterna, HA: La interacción de la temperatura y concentración presentan efecto significativo en la estabilidad y color de suspensiones de un hidrocoloide atomizado de *Nostoc Sphaericum*.

A la existencia de diferencia significativa entre tratamientos, se realizó una prueba de comparación múltiple de Tukey al 5% de significancia.

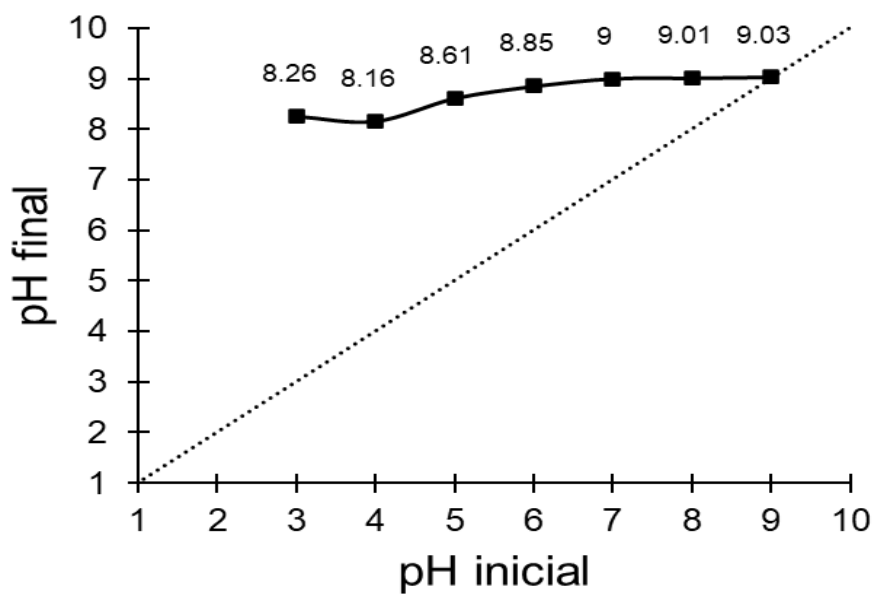
CAPITULO V: RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1. Punto de carga cero del hidrocoloide

La medida del punto de carga cero se determinó para conocer el valor del pH a partir del cual se podrán absorber el hidrocoloide de Nostoc, se muestra la curva del punto de carga cero PCC (Figura 9), se observa el punto de intersección alrededor de 9.03 indicando un carácter base.

Figura 9

Determinación del punto de carga cero



Uechi (2016), menciona que cuando el $\text{pH} < \text{pH}_{\text{PCC}}$ quiere decir que el agua dona protones a la superficie del absorbente, por lo que se encuentra cargada positivamente y puede atraer aniones, mientras que cuando $\text{pH} > \text{pH}_{\text{PCC}}$, la superficie se encuentra cargada negativamente permitiendo atraer cationes; quiere decir que el pH de la suspensión tiende a cargarse positivamente. Por lo tanto, el hidrocoloide tiene la capacidad de atraer aniones a su superficie, Garbocci (2022), menciona que los hidrocoides tienen la capacidad de atraer aniones y que son considerados como formadores de la estructura del agua, específicamente para aquellos aniones que son lo suficientemente pequeños para asociarse con átomos de hidrogeno de una molécula de agua.

5.2. Comportamiento reológico de suspensiones con hidrocoloide atomizado de Nostoc

5.2.1. Modelos reológicos

Las Tablas del 8 al 11, muestran los resultados del análisis reológico de la suspensión del hidrocoloide en función de la concentración y temperatura, asimismo, indicando los valores de los parámetros de índice de consistencia (k), índice de flujo (n), límite elástico (τ_y), viscosidad plástica (n_B), índice de consistencia (k_H) y coeficiente de determinación ajustada (R^2) para los modelos reológicos: Ley de potencia, plástico de Bingham, Herschel-Bulkley y Casson.

Tabla 8

Modelo Ley de potencia de la suspensión

Concentración (mg/L)	Temperatura (°C)	Índice de consistencia k (Pa.s ^{n})	Índice de flujo (n)	R ² adj
0.07	40	0.0001	1.5862	0.9924
	60	0.0001	1.6641	0.9933
	80	0.0002	1.4730	0.9912
0.1	40	0.0009	1.5552	0.9919
	60	0.0001	1.6094	0.9916
	80	0.0003	1.3366	0.9836

Tabla 9

Modelo de Bingham de la suspensión

Concentración (mg/L)	Temperatura (°C)	Límite elástico τ_y (Pa)	Viscosidad plástica n_B (Pa.s)	R ² adj
0.07	40	-0.0809	0.0022	0.9637
	60	-0.0916	0.0023	0.9016
	80	-0.0806	0.0023	0.9763
0.1	40	-0.0792	0.0022	0.9663
	60	-0.0822	0.0022	0.9631
	80	-0.0576	0.0020	0.9792

Tabla 10

Modelo Herschel–Bulkley de la suspensión

Concentración (mg/L)	Temperatura (°C)	Límite elástico τ_y (Pa)	Índice de consistencia k_H (Pa.s ⁿ)	Índice de flujo (n)	R ² adj
0.07	40	0.0061	0.0001	1.6256	0.9926
	60	-0.0935	0.0015	1.0663	0.9906
	80	-0.0163	0.0003	1.3787	0.9916
0.1	40	0.0017	0.0001	1.5656	0.9919
	60	-0.0002	0.0001	1.6080	0.9916
	80	-0.0194	0.0005	1.2366	0.9850

Tabla 11

Modelo de Casson, de la suspensión

Concentración (mg/L)	Temperatura (°C)	Límite elástico τ_y (Pa)	Índice de consistencia k (Pa.s ⁿ)	R ² adj
0.07	40	-0.1619	0.0045	0.9637
	60	-0.1832	0.0046	0.9594
	80	-0.1612	0.0047	0.9763
0.1	40	-0.1584	0.0045	0.9663
	60	-0.1645	0.0043	0.9631
	80	-0.1153	0.0040	0.9792

De los 4 modelos reológicos realizados, se observó que el modelo de Ley de potencia y de Herschel-Bulkley reportaron valores de R² ajustada > 0.98, el modelo de Ley de potencia reporto a concentración de 0.07 mg/L valores de índice de flujo (n) de 1.4730 – 1.6641 y a concentración de 0.1 mg/L valores de 1.3366 – 1.6094, mientras que los valores de índice de consistencia k (Pa.sⁿ) a concentración de 0.07 mg/L reportaron valores de 0.0001 – 0.0002 y a concentración de 0.1 mg/L valores de 0.0001 – 0.0009, al igual que el modelo de Herschel-Bulkley reporto a concentración de 0.07 mg/L valores de índice de flujo (n) de 1.0663 – 1.6256 y a concentración de 0.1 mg/L valores de 1.2366 – 1.6080, mientras que los valores de índice de consistencia k (Pa.sⁿ) a concentración de 0.07 mg/L reportaron valores de 0.0001 – 0.0015 y a concentración de 0.1 mg/L valores de 0.0001 – 0.0005, los valores de k y n son los que describen el comportamiento del fluido y viene a ser constantes. Por lo tanto, de los modelos estudiados en la suspensión del hidrocoloide presento valores de $n > 1$, refiriéndose a fluidos no newtonianos, indicando un comportamiento dilatante, así como se muestra en la Figura 10 y 11.

Yupanqui y Torres (2018), reportaron que el mejor modelo reológico para el CMC es el modelo de Herschel-Bulkley con un R^2 de 0.9946, indicando que también es el mejor modelo para los hidrocoloides, ya que tiene comportamientos similares. También Roldan (2015) menciona que, los modelos de Ley de Potencia y Herschel- Bulkley son los que mejor se ajustaron al modelo de experimentación.

Thompson (2020) reporto que el modelo de Ley de potencia describe adecuadamente el comportamiento reológico de las dispersiones del hidrocoloide de Chan (HCH) con un $R^2 > 0.99$, asimismo, presenta un índice de flujo de $n < 1$ indicando comportamientos pseudoplasticos, esto debido a que los valores del índice de consistencia aumentan con la concentración del hidrocoloide, mostrando diferencias significativas.

Torres-Maza et al. (2020), en su investigación, comparación de hidrocoloides Nostoc Commune y Nostoc Sphaericum, se ajustan a modelos no Newtonianos como el de Bingham, ley de potencia y Herschel-Bulkley, mostrando un alto coeficiente de determinación $R^2 > 0.980$, asimismo, indica que el modelo Ley de potencia es el que más se ajusta y se utiliza para el estudio de los comportamientos reológicos.

Las Figuras 10 y 11, muestran que las curvas reológicas siguen un comportamiento no Newtonianos dilatantes, debido a que presentan curvas cóncavas hacia arriba.

Figura 10

Curva de flujo del comportamiento reológico de la ley de potencia

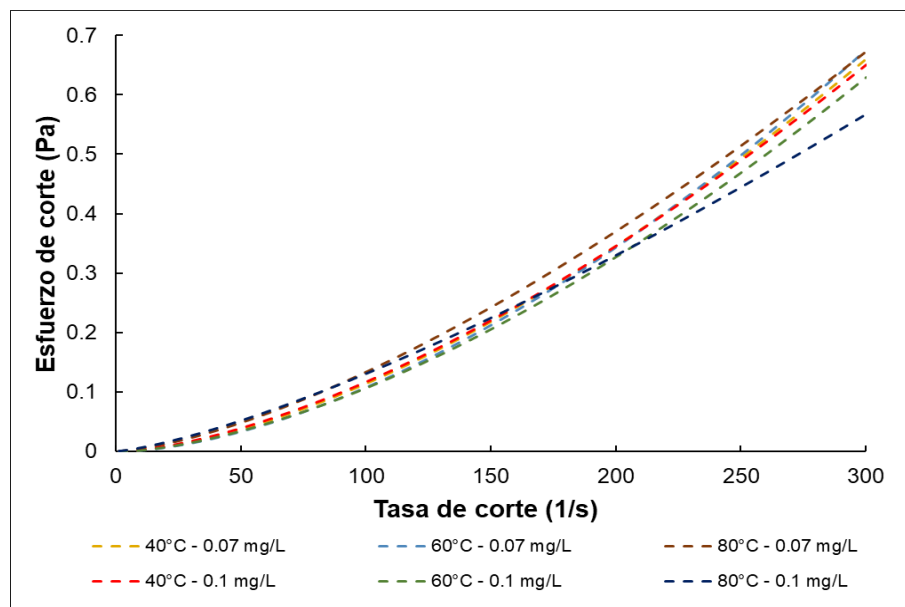
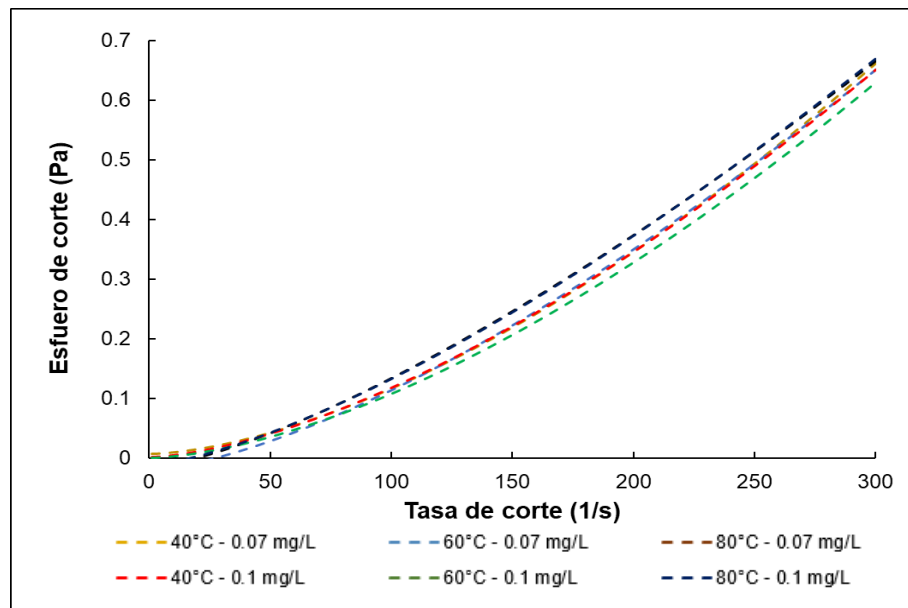


Figura 11

Curva de flujo del comportamiento reológico de la ley de Herschel-Bulkley



La Figura 11, la curva de flujo del modelo reológico de Herschel-Bulkley, se observa comportamientos no newtonianos dilatantes al igual que el modelo de Ley de potencia, además se observó que al aumentar la temperatura los esfuerzos de corte, van aumentando para un mismo valor de velocidad de corte. Chuquilin-Goicochea et al. (2021) reportaron que a concentraciones de 2 y 3% del hidrocoloide de *Wishllay (senna birostris)* observaron un perfil cóncavo, lo que corresponde a un comportamiento de flujo dilatante. Por otro lado, Roldan (2015) indica que a temperaturas de 6 a 20 °C con 0.6% y temperaturas de 27 – 70 °C con 1 % de concentración de hidrocoloide muestran comportamiento dilatantes. Yupanqui y Torres (2018), mencionan que los hidrocoloides de *Nostoc Sphaericum* y *Nostoc Commune* muestran un comportamiento pseudoplásticos a la temperatura de 7 °C, mientras que a temperatura de 80 °C muestran comportamientos dilatantes. La temperatura y concentración en la suspensión del hidrocoloide de *Nostoc Sphaericum* influyen considerablemente debido a que se presentan como fluidos dilatantes. Torres-Maza et al. (2020), mencionan que el comportamiento no Newtoniano es característico del *Nostoc Sphaericum*, ya que las cadenas de polisacáridos del hidrocoloide forman una red tridimensional entrelazada, que hace que estas dependan de la concentración y la temperatura.

5.3. Estabilidad de suspensiones con hidrocoloide atomizado de Nostoc

5.3.1. Turbiedad del sobrenadante de la suspensión del hidrocoloide

En la Tabla 12, se presentan los resultados de la medida de la turbiedad del sobrenadante de la suspensión del hidrocoloide para cada tratamiento, se observa que las muestras presentaron diferentes comportamientos a medida que transcurren los días. Siendo el valor máximo alcanzado en el día 20 de 99.77 de transmitancia para el tratamiento T2 (80°C y 0.07 mg/L); mientras que el valor mínimo en el día 20 fue de 99.31 de transmitancia para el tratamiento T1 (60°C y 0.07 mg/L).

Tabla 12

Medida de la turbiedad del sobrenadante de la suspensión del hidrocoloide

Día	T1			T2			T3			T4		
	\bar{x}	$\pm S$	CV (%) *	\bar{x}	$\pm S$	CV (%) *	\bar{x}	$\pm S$	CV (%) *	\bar{x}	$\pm S$	CV (%) *
0	99.63	± 0.03	0.03 a	99.51	± 0.05	0.05 a	98.43	± 0.06	0.06 a	97.35	± 0.03	0.03 a
1	99.14	± 0.08	0.08 b	99.35	± 0.03	0.03 b	98.08	± 0.06	0.06 b	97.21	± 0.05	0.05 b
4	97.49	± 0.07	0.07 b	97.54	± 0.04	0.04 c	93.57	± 0.07	0.07 c	94.00	± 0.06	0.06 c
8	98.31	± 0.06	0.06 c	98.62	± 0.03	0.03 d	95.01	± 0.05	0.05 d	96.55	± 0.04	0.04 d
12	95.32	± 0.02	0.02 d	99.05	± 0.03	0.03 e	95.84	± 0.05	0.06 e	95.40	± 0.05	0.06 e
16	99.35	± 0.06	0.06 e	99.87	± 0.04	0.04 f	99.05	± 0.07	0.07 f	97.71	± 0.05	0.05 f
20	99.31	± 0.07	0.07 f	99.77	± 0.06	0.06 g	99.49	± 0.06	0.06 g	99.50	± 0.05	0.05 g

Donde: \bar{X} : media muestral; S: desviación estándar; C.V.: coeficiente de variabilidad

*Las letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa evaluada a través de test de Tukey al 5% de significancia.

En la Tabla 13, se muestra los resultados del análisis de varianza (ANVA) para la turbiedad de la suspensión del hidrocoloide; se observa que la temperatura, concentración, día, interacción entre temperatura*concentración, temperatura*día, concentración*día y la interacción de las tres temperaturas*concentración*día reportaron ($p < 0.05$), efecto significativo, por lo que se acepta la hipótesis alterna (H_A).

Tabla 13

Análisis de varianza para la turbiedad del sobrenadante

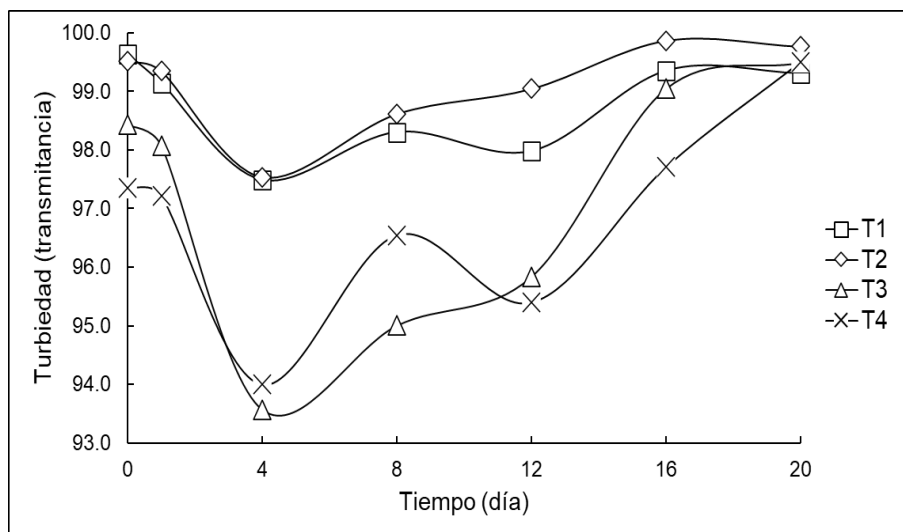
Efecto	Razón-F	Valor-P
Temperatura	895.23	0.000
Concentración	48825.44	0.000
Día	18426.19	0.000
Temperatura*Concentración	3694.39	0.000
Temperatura*Día	1417.44	0.000
Concentración*Día	2909.36	0.000
Temperatura*Concentración*Día	1629.54	0.000

*Datos totales Anexo 25

En la Figura 12, se observa la curva de la turbiedad de transmitancia en función del tiempo. Los tratamientos T1 y T2 muestran comportamientos similares, al igual que los tratamientos T3 y T4, sin embargo, los tratamientos T3 y T4 llegan a presentar mayor turbiedad del sobrenadante a 93.66 de transmitancia en el día 4, para el día 20 se aprecia la disminución de la turbiedad de transmitancia de los tratamientos llegando aproximadamente a la medida inicial del día 0. Cabe resaltar que los tratamientos T1 y T2 presentaron menor turbiedad (mayor transmitancia), mientras que los tratamientos T3 y T4 mostraron ligero incremento de turbiedad (menor transmitancia), sin embargo, a medida que transcurre el tiempo, los tratamientos T3 y T4 recuperan el valor inicial de la turbiedad de transmitancia a valores similares al día cero debido a que el hidrocoloide *Nostoc Sphaericum* se rehidratan, aumentando su viscosidad y vuelven a elevarse manteniendo su estabilidad.

Figura 12

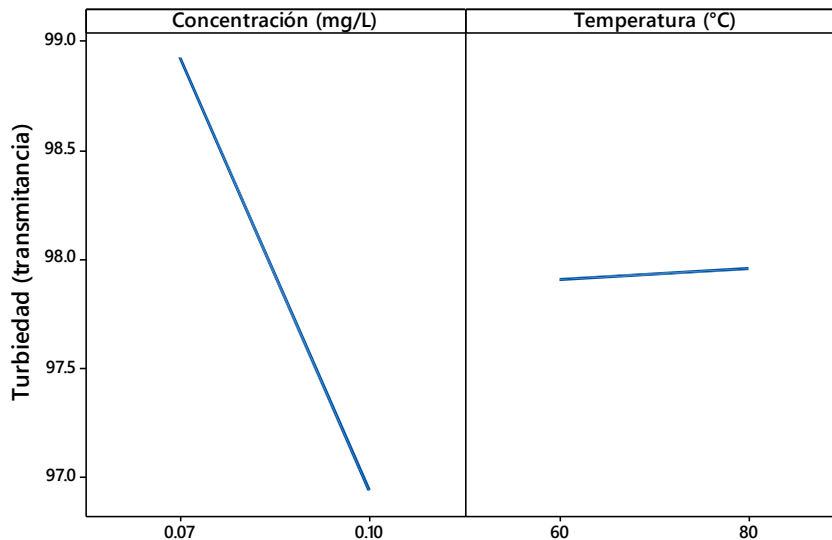
Curva de la suspensión de la turbiedad en el tiempo



Un comportamiento similar fue reportado por Martin-Diana et al. (2009), en la turbiedad de los jugos que es causado principalmente por los polisacáridos presentes en el jugo, la concentración de estos polisacáridos controla la turbidez de los jugos, ya sea indicando una disminución en la turbidez debido a la adición de polisacáridos.

Figura 13

Efectos principales para la turbiedad de la suspensión

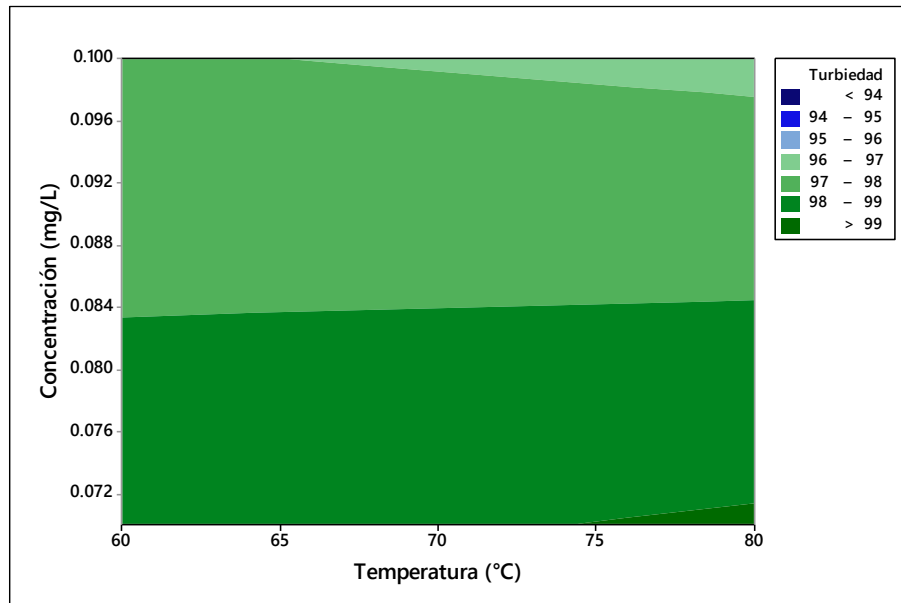


En la Figura 13, efectos principales para la turbiedad de la suspensión del hidrocoloide, nos indica que, a mayor concentración del hidrocoloide, la turbiedad es mayor (menor transmitancia), asimismo, la temperatura influye considerablemente, indicando que a mayor temperatura mayor será la turbiedad (menor transmitancia).

En la Figura 14, el diagrama de contornos nos indica que a concentraciones inferiores a 0.083 mg/L, y a una temperatura de 60 a 80°C, se tendrá valores de 98 - 99 turbiedad (mayor transmitancia). Sin embargo, temperaturas entre 65 a 80 °C y concentraciones entre 0.97 a 0.10 mg/L reportaran valores de 96 – 97 de turbiedad (menor transmitancia), es decir que a concentraciones mayores presenta mayor turbiedad manteniendo estable las partículas de suspensión.

Figura 14

Contornos de la turbiedad



Según Ibrahim et al. (2011), reportaron que los jugos de manzanas turbio dan como resultado la estabilidad durante días prolongados de almacenamiento, demostrando que la adición de concentraciones de CMC al 0.05% aumenta ligeramente la turbiedad en jugos de frutas y fermentados. Alben y Ibanoglu (2007), en su investigación de la influencia de los hidrocoloides en la separación de fases de una emulsión, indica que a mayor concentración 0.5 % (p/v) aumenta la viscosidad y también aumenta su estabilidad en las emulsiones, indicando que los polisacáridos hidrofílicos posiblemente forman una capa gruesa secundaria que mejora las propiedades de estabilización. Para Figueroa et al. (2016) indican que el efecto de la incorporación de goma xantan (GX) y carboximetilcelulosa (CMC) en bebidas de tomate de árbol, resulta ser significativa en la variación de la turbidez, sin embargo, la incorporación de GX produce mayor turbidez en el sobrenadante, indicando una mayor suspensión y disminución de sedimentación, mientras Babbar et al. (2015), mencionan que si existe diferencia significativa en la turbidez de las muestras de jugo que contenían hidrocoloides, indicando que al 0.3% de CMC muestra mayor turbidez seguido por 0.2% de Alginato de sodio AS, esto se da debido a la interacción que se manifiesta entre el hidrocoloide y la proteína. Por lo tanto, los tratamientos T3 (60°C y 0.1 mg/L) y T4 (80°C y 0.1 mg/L) reportaron mayor turbiedad en el sobrenadante (menor transmitancia) indicando mayor estabilidad en la suspensión del hidrocoloide de *Nostoc Sphaericum*.

5.3.2. Turbiedad del sedimento de la suspensión del hidrocoloide

Se observó un ligero sedimento en la parte inferior de las muestras con mayor concentración del hidrocoloide. En la Tabla 14, se muestran los resultados del sedimento evaluado a través de la transmitancia para cada tratamiento, existiendo variación en las medidas conforme pasan los días; donde el valor máximo alcanzado en el día 20 fue 78.25 para el tratamiento T2 (80°C y 0.07 mg/L); mientras que el valor mínimo en el día 20 fue de 63.38 para el tratamiento T4 (80°C y 0.1 mg/L).

Tabla 14

Medida de la turbiedad del sedimento de la suspensión del hidrocoloide

Día	T1				T2				T3				T4			
	\bar{x}	$\pm S$	CV (%)	*	\bar{x}	$\pm S$	CV (%)	*	\bar{x}	$\pm S$	CV (%)	*	\bar{x}	$\pm S$	CV (%)	*
1	79.05	± 0.04	0.05	a	74.63	± 0.06	0.08	a	74.95	± 0.03	0.04	a	73.95	± 0.04	0.06	a
4	69.48	± 0.05	0.07	b	67.91	± 0.06	0.09	a	58.65	± 0.06	0.11	b	58.90	± 0.06	0.10	b
8	79.03	± 0.06	0.07	b	74.68	± 0.07	0.10	b	66.01	± 0.06	0.08	c	69.30	± 0.06	0.08	c
12	83.66	± 0.08	0.09	c	80.05	± 0.06	0.07	c	70.74	± 0.07	0.10	d	75.14	± 0.09	0.12	d
16	78.90	± 0.06	0.07	d	80.07	± 0.06	0.08	c	66.15	± 0.06	0.10	e	66.30	± 0.04	0.07	d
20	67.51	± 0.06	0.09	e	78.25	± 0.06	0.07	d	63.64	± 0.08	0.12	f	66.38	± 0.04	0.06	e

Donde: \bar{X} : media muestral; S: desviación estándar; C.V.: coeficiente de variabilidad

*Las letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa evaluada a través de test de Tukey al 5% de significancia.

En la Tabla 15, se muestra los resultados del análisis de varianza (ANVA) para la turbiedad de sedimento de la suspensión del hidrocoloide; se observa que la temperatura, concentración, día, interacción entre temperatura*concentración, temperatura*día, concentración*día y la interacción de las tres temperaturas*concentración*día reportaron ($p < 0.05$) efecto significativo, por lo que se acepta la hipótesis alterna (H_A).

Tabla 15

Análisis de varianza de la turbiedad del sedimento

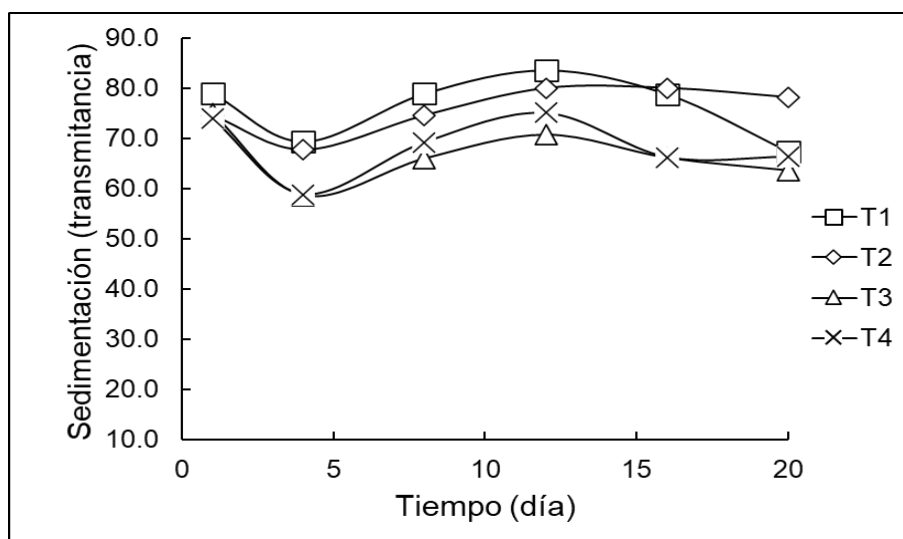
Efecto	Razón-F	Valor-P
Temperatura	3421.91	0.000
Concentración	595397.15	0.000
Día	130048.21	0.000
Temperatura*Concentración	7978.85	0.000
Temperatura*Día	13837.32	0.000
Concentración*Día	17130.29	0.000
Temperatura*Concentración*Día	12046.65	0.000

*Datos totales Anexo 26

En la Figura 15, se observa la curva del sedimento del hidrocoloide en el tiempo, donde se aprecia que los tratamientos T1 y T2 tienen igual similitud al igual que el tratamiento T3 y T4, sin embargo para el día 16 el tratamiento T1 llega a incrementar el sedimento hasta llegar al día 20 junto con el tratamiento T3 y T4, quiere decir que las partículas de mayor tamaño del atomizado de *Nostoc Sphaericum* se llegan a sedimentar, mientras que las partículas más finas del atomizado de *Nostoc* se mantiene suspendidas, en cuanto al tratamiento T2 se mantuvo estable hasta el día 20.

Figura 15

Curva de la turbiedad del sedimento en el tiempo

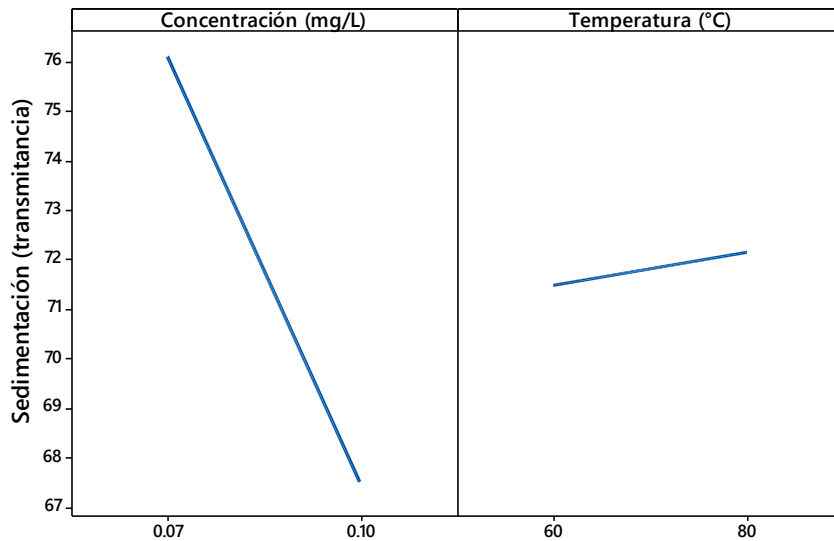


Contreras-Lozano et al. (2019), menciona que las concentraciones de los hidrocoloides no resultan efectivas para estabilizar emulsiones, sin embargo, esta puede disminuir el índice de sedimentación en refrigeración a concentraciones mínimas mejorando la estabilidad de bebidas, sin embargo Laz et al. (2018), en su investigación de adición de hidrocoloides en la estabilidad del jugo de maracuya, menciona la efectividad del uso de hidrocoloides en la estabilidad en jugo de maracuya, con una apariencia estable y homogénea.

En la Figura 16, gráfica de efectos principales de la turbiedad del sedimento, se observa que, a mayor concentración del hidrocoloide, presenta mayor medida de la turbiedad del sedimento (menor transmitancia), la temperatura llega a influir considerablemente, indicando que temperaturas de 60°C presentan mayor medida de la turbiedad del sedimento (menor transmitancia).

Figura 16

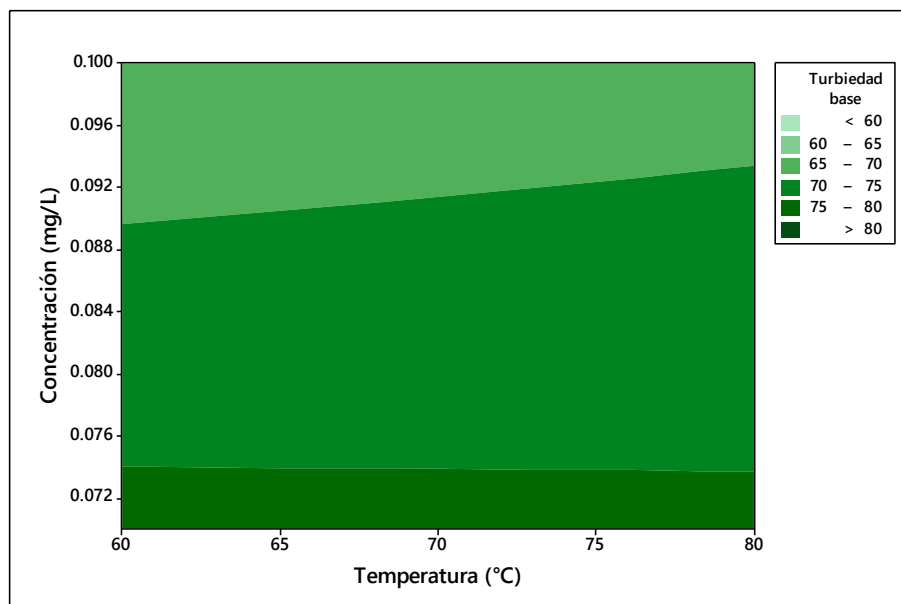
Efectos principales de la turbiedad del sedimento



En la Figura 17, contornos de la turbiedad del sedimento, se puede observar, que a concentraciones de 0.090 – 0.10 mg/L y temperaturas entre 60 a 80°C presentan mayor medida de la turbiedad del sedimento (menor transmitancia).

Figura 17

Contornos de la turbiedad del sedimento



Comparando con Ospina et al. (2012), las dosis de estabilizantes de 0.08%, 0.1% y 0.12% de goma xantán no permite evidenciar separación de componentes en la sedimentación, esto

debido a que el hidrocoloide genera sinergia entre los constituyentes que proporcionan estabilidad al producto. Saravia (2011) reporto, a concentración de 0.1% de goma xantan muestra ligera disminución de separación de fases en formulaciones de néctar de naranja con zanahoria. Por otro lado, Genovese y Lozano (2001) indican que el CMC es un hidrocoloide electronegativo, y al ser añadido a suspensiones aumentan las fuerzas de repulsión electroestáticas, estableciendo mayor estabilidad a las suspensiones alimentarias. Castulovich y Franco (2018) indican que las funciones de los hidrocoloides además de aumentar la turbidez, también controlan el sedimento de las partículas en suspensiones alimentarias.

Por lo tanto, la concentración es el que tuvo mayor efecto en la medida de la turbiedad del sedimento de la suspensión, a comparación de la temperatura que tiene un ligero efecto en la medida de la turbiedad del sedimento en la suspensión del hidrocoloide, indicando que, el tratamiento T2 (80°C y 0.07 mg/L) es el que reporto menor sedimento (mayor transmitancia) durante el periodo del tiempo evaluado, presentando mínimas cantidades de sedimento.

5.3.3 Potencial zeta

Los resultados de la medida del potencial zeta se muestran en la Tabla 16, con valores que van desde -17 a -31 mV característicos de una estabilidad ligera, siendo el valor máximo alcanzado en el día 20 de -30.66 mV para el tratamiento T4 (80°C y 0.1 mg/L); mientras que el valor mínimo alcanzado en el día 20 fue de -20.96 mV para el tratamiento T2 (80°C y 0.07 mg/L).

Tabla 16

Medida del potencial zeta

DIA	T1				T2				T3				T4			
	\bar{x}	$\pm S$	CV (%)	*	\bar{x}	$\pm S$	CV (%)	*	\bar{x}	$\pm S$	CV (%)	*	\bar{x}	$\pm S$	CV (%)	*
1	-23.85	± 0.59	2.47	a	-25.04	± 0.75	2.99	a	-26.08	± 0.72	2.78	a	-25.29	± 0.98	3.89	a
4	-23.56	± 0.26	1.09	b	-26.35	± 0.61	2.33	ab	-31.21	± 0.66	2.13	a	-26.18	± 0.21	0.78	a
8	-23.76	± 0.04	0.18	bc	-23.07	± 0.71	3.10	b	-25.56	± 0.39	1.51	a	-30.30	± 0.62	2.04	a
12	-17.57	± 0.71	4.03	bc	-22.20	± 0.86	3.89	c	-26.55	± 0.24	0.90	a	-29.04	± 0.81	2.79	b
16	-24.01	± 0.54	2.25	bc	-26.84	± 0.57	2.12	cd	-29.54	± 1.74	5.90	b	-26.42	± 0.39	1.46	b
20	-22.44	± 0.87	3.87	c	-20.96	± 0.22	1.06	d	-25.22	± 0.40	1.57	b	-30.66	± 0.63	2.06	b

Donde: donde: \bar{X} : media muestral; S: desviación estándar; C.V.: coeficiente de variabilidad

*Las letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa evaluada a través de test de Tukey al 5% de significancia.

La Tabla 17, muestra los resultados del análisis de varianza (ANVA) realizado para la medida del potencial zeta de la suspensión del hidrocoloide; se observa que la temperatura,

concentración, día la interacción entre temperatura*día, concentración*día y la interacción de las tres temperaturas*concentración*día reportaron ($p < 0.05$), efecto significativo, por lo cual se acepta la hipótesis nula (H_A), mientras que la interacción de temperatura*concentración reportaron ($p > 0.05$), efectos no significativos por lo cual se acepta la hipótesis nula (H_0) rechazando la hipótesis alterna (H_A).

Tabla 17

Análisis de varianza del potencial zeta

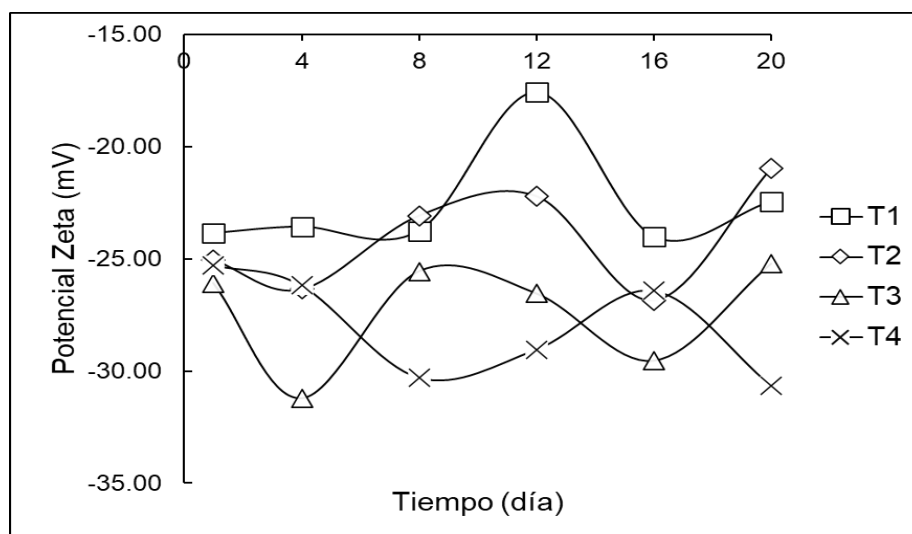
Efecto	Razón-F	Valor-P
Temperatura	37.930	0.000
Concentración	691.740	0.000
Día	28.900	0.000
Temperatura*Concentración	5.620	0.022
Temperatura*Día	31.820	0.000
Concentración*Día	34.350	0.000
Temperatura*Concentración*Día	53.350	0.000

*Datos totales Anexo 28

En la Figura 18, se muestra la curva del potencial zeta en el tiempo, se observa que los tratamientos T1 y T2 tienen mayor medida del potencial zeta por encima de los -24 mV, mientras que los tratamientos T3 y T4 presentan valores de -31.21 a -26.18 mV, sin embargo, el tratamiento T3 para el día 20 llega a incrementar la medida del potencial zeta, mientras que el tratamiento T4 se mantiene constante en el día 20 ya que hace más negativo los valores de potencial zeta.

Figura 18

Curva de potencial zeta de la suspensión en el tiempo

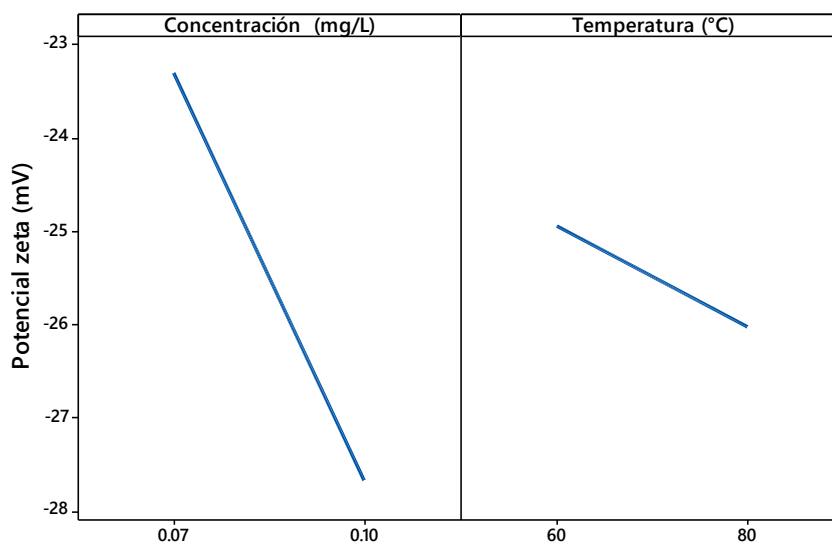


Schramm (2005), indica que valores mayores a -38.5 mV medidas del potencial zeta, viene a ser un excelente indicativo en el sistema de dispersiones sin efecto de aglomeración, sin embargo, valores menores a -20 mV pueden predominar mecanismos de inestabilidad precipitación y aglomeración de las partículas, resultados similares fueron reportado por Figueroa et. al (2016), en su investigación de la estabilidad en bebidas. Contreras (2019) en su investigación de hidrocoloides como estabilizantes, obtuvo valores de -21 a -30 mV de potencial zeta, estos resultados se encuentran en el rango de estabilidad ligera, debido a la poca aglomeración de las partículas de la suspensión. Al igual que los resultados que reporto el tratamiento T4.

El incremento de la concentración y temperatura en la suspensión disminuye considerablemente al potencial zeta (Figura 19).

Figura 19

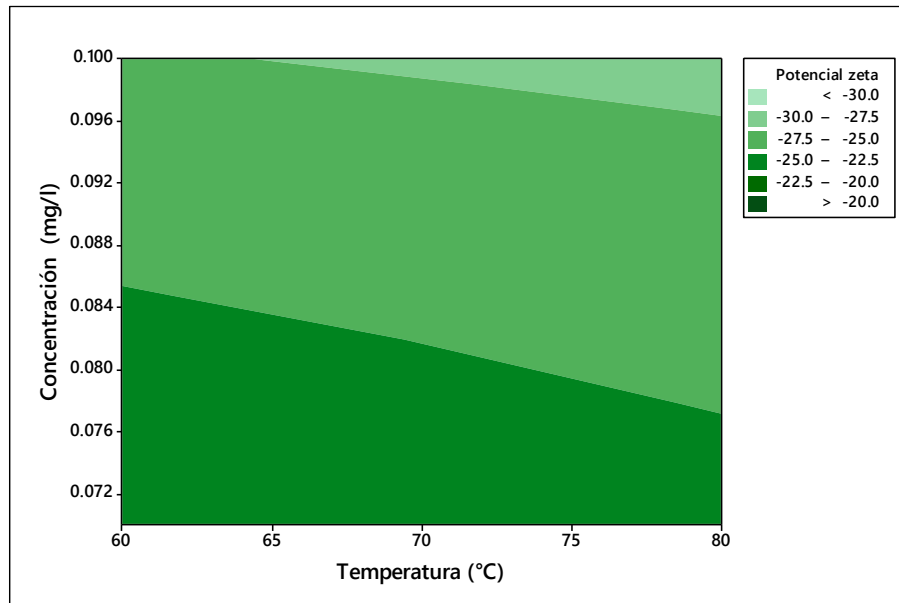
Efectos principales de potencial zeta



En la Figura 20, se muestra los valores de la temperatura y los valores de la concentración, indicando que, a concentraciones de 0.096 a 0.100 mg/L y a temperaturas mayores de 65°C reportaran mayor medida del potencial zeta.

Figura 20

Contornos de potencial zeta



Según Mirhosseini et al. (2008), indican que la alta concentración de gomas presenta mayor efecto, proporcionando mayores cargas negativas de potencial zeta, esto debido a que la goma conduce a un aumento de la carga superficial negativa manteniendo estable la suspensión del hidrocoloide para la medida del potencial zeta. Por otro lado, Batalla (2014), menciona que la temperatura es responsable de la estabilidad de hidrocoloides, mejorando la homogeneidad de las emulsiones. Por lo tanto, el tratamiento T4 (80°C y 0.1 mg/L) reporto mayor estabilidad, ya que se mantuvo más estable presentando mayores cargas negativas de -30 mV presentando estabilidad ligera, tal como lo reporto (Aguilar, 2002).

5.3.4. Color aparente de la suspensión del hidrocoloide

En la Tabla 18, se muestran los resultados del color aparente de la suspensión del hidrocoloide, indicando la variación del color de las muestras conforme pasa el tiempo. Siendo el valor máximo alcanzado en el día 20 de 95 PCU muestra para el tratamiento T3 (60°C y 0.1 mg/L); mientras que el valor mínimo en el día 20 fue de 33 PCU muestra para el tratamiento T1 (60°C y 0.07 mg/L).

Tabla 18

Medida del color aparente de la suspensión del hidrocólido

Día	T1				T2				T3				T4			
	\bar{x}	$\pm S$	CV (%)	*	\bar{x}	$\pm S$	CV (%)	*	\bar{x}	$\pm S$	CV (%)	*	\bar{x}	$\pm S$	CV (%)	*
0	192	± 0.52	0.27	a	192	± 0.52	0.27	a	262	± 0.52	0.20	a	269	± 0.98	0.37	a
1	92	± 0.75	0.82	b	94	± 0.63	0.67	b	125	± 0.89	0.72	b	113	± 0.75	0.67	b
4	84	± 0.89	1.06	c	86	± 0.89	1.04	c	98	± 0.75	0.77	c	108	± 0.89	0.83	c
8	97	± 0.84	0.87	d	116	± 0.55	0.47	c	125	± 0.63	0.51	d	143	± 0.55	0.38	d
12	42	± 0.82	1.93	e	42	± 0.84	2.02	d	99	± 0.82	0.82	e	135	± 0.75	0.56	e
16	65	± 0.75	1.16	f	94	± 0.89	0.95	e	155	± 0.82	0.53	e	153	± 0.89	0.58	f
20	33	± 0.89	2.71	g	35	± 0.89	2.56	f	95	± 0.82	0.86	f	115	± 0.75	0.65	g

Donde: \bar{X} : media muestral; S: desviación estándar; C.V.: coeficiente de variabilidad

*Las letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa evaluada a través de test de Tukey al 5% de significancia.

La Tabla 19, se muestra los resultados del análisis de varianza (ANVA) para el color aparente de la suspensión del hidrocólido; se observa que la temperatura, concentración, día, interacción entre temperatura*concentración, temperatura*día, concentración*día y la interacción de las tres temperaturas*concentración*día reportaron ($p < 0.05$), efecto significativo, por lo que se acepta la hipótesis alterna (H_A).

Tabla 19

Análisis de varianza del color aparente

Efecto	Razón-F	Valor-P
Temperatura	1511.240	0.000
Concentración	221978.170	0.000
Día	112784.000	0.000
Temperatura*Concentración	568.310	0.000
Temperatura*Día	1112.520	0.000
Concentración*Día	5908.990	0.000
Temperatura*Concentración*Día	2757.900	0.000

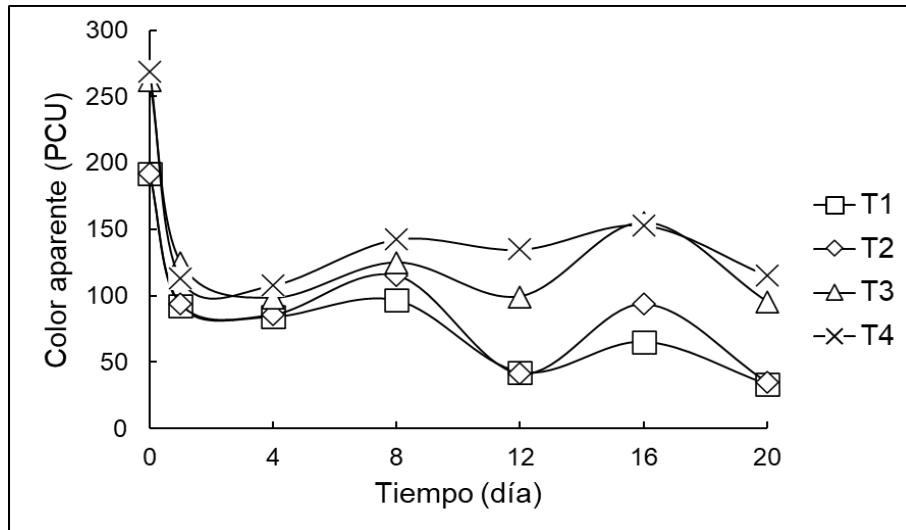
*Datos totales Anexo 27

En la Figura 21, curva del color aparente en el tiempo, se aprecia disminución de la medida del color aparente de los tratamientos, mientras que a partir del día 1 se mantiene estables hasta el día 4, a partir del día 4 el tratamiento T1 y T2 tienen el mismo comportamiento conforme pasan los días, mientras que los tratamientos T3 y T4 tienen similar comportamiento, sin embargo, el tratamiento T4 es el que tuvo un comportamiento más estable en cuanto transcurren los días. Por lo tanto, los tratamientos del T3 y T4, conllevan a

un ligero incremento, sin embargo, el tratamiento T4 es el que reporto mayor medida del color, esto debido a las partículas suspendidas en la suspensión del hidrocoloide.

Figura 21

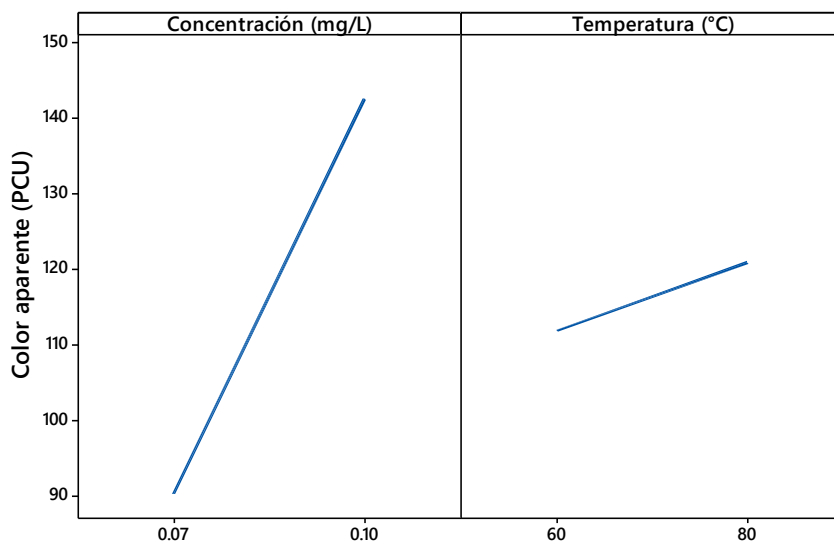
Curva de del color aparente en el tiempo



En la Figura 22, grafica de efectos principales del color aparente, se observó que, a mayor concentración y temperatura, mayor será la medida del color aparente de la suspensión.

Figura 22

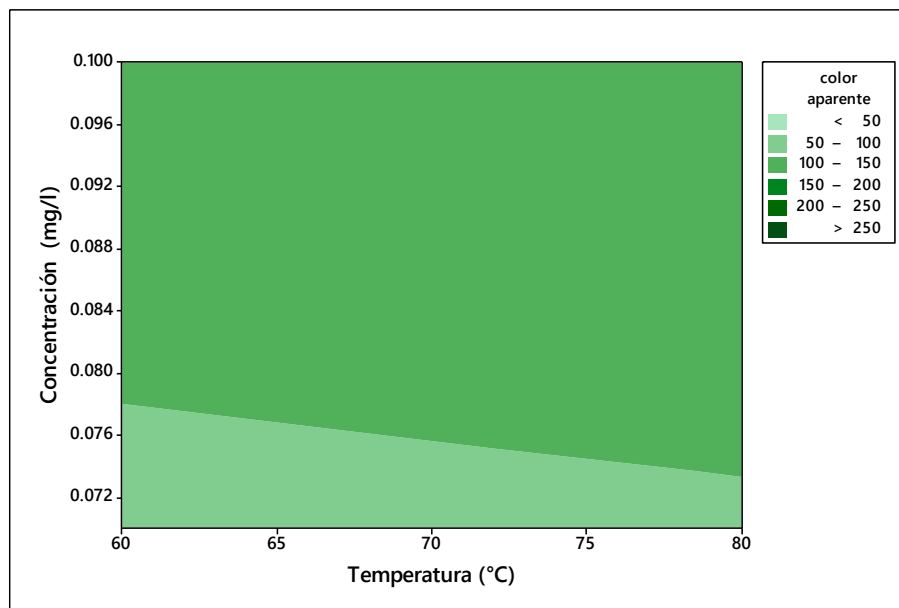
Efectos principales para el color aparente



En la Figura 23, diagrama de contornos del color aparente, se observa que a concentraciones de 0.078 a 0.10 mg/L con temperaturas de 60 a 80 °C indican mayor concentración de color, mayor medida del color aparente de la suspensión, mayor presencia de partículas suspendidas.

Figura 23

Contornos del color aparente



Gonzales et al. (2006), mencionan que el aumento del color se debe a que mientras mayor sea la concentración, hace que las partículas coloidales que dan color al agua se dispersen. Los resultados obtenidos del color aparente de los tratamientos T1 y T2 con valores de 33 - 45 PCU indican muestras incoloras, esto debido a la presencia de los hidrocoloides suspendidos en mínimas cantidades, mientras que el tratamiento T4 (80°C y 0.1 mg/L) presento mayor medida del color aparente en la suspensión del hidrocoloide de *Nostoc Sphaericum*, manteniéndose estable durante el tiempo transcurrido a comparación con los demás tratamientos.

5.3.5. Espectros de absorción barrido UV

Las Figuras 24 y 25 muestran los espectros de absorción de la suspensión del hidrocoloide realizados para el día 0 y el día 20, en un intervalo de longitud de onda de 200 a 340 nm para los 4 tratamientos estudiados.

Figura 24

Espectros de absorción de la suspensión del hidrocoloide día 0

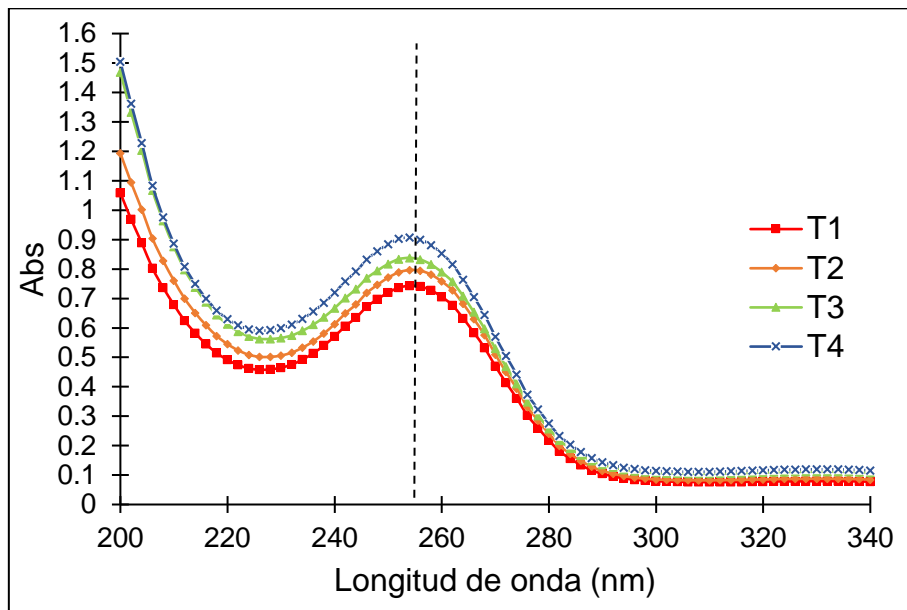
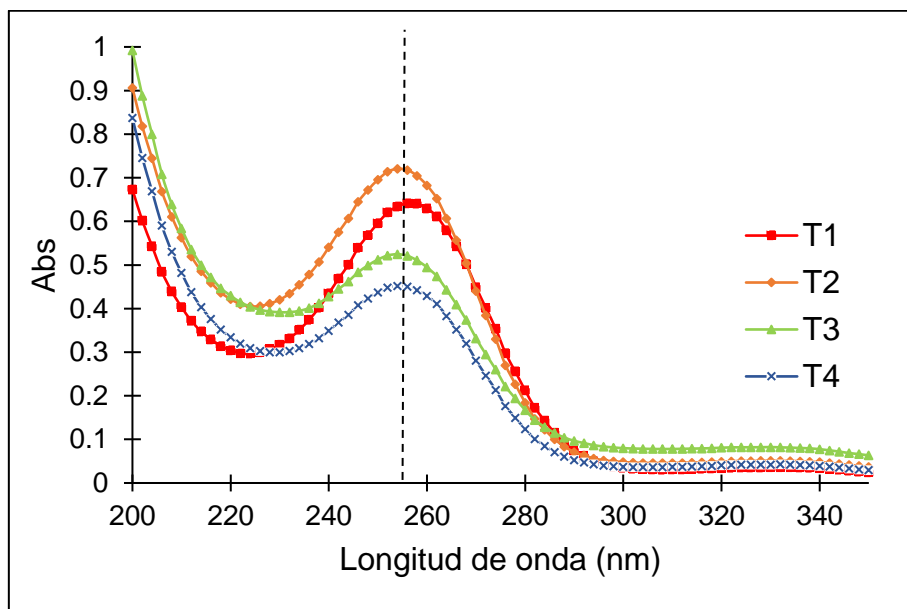


Figura 25

Espectros de absorción de la suspensión del hidrocoloide día 20



Se observó que los espectros de absorción de la suspensión del hidrocoloide, presentan un pico de absorción alrededor de los 255 nm, esta posición del espectro de absorción de la longitud de onda se mantuvo constante hasta el día 20 para los 4 tratamientos, sin embargo

la absorbancia llega a disminuir al pasar los días; estos resultados nos indica que los espectros de absorción de la suspensión del hidrocoloide se encuentran en el rango UV por lo cual la suspensión es transparente, quiere decir que no presentan muestras incoloras (Martínez, 2018). Heredia-Díaz et al. (2016), indican que algunos enlaces de cadenas laterales de aminoácidos absorben luz de longitud de onda de 230 a 300 nm y que corresponden a la absorción de las cadenas laterales de aminoácidos aromáticos, con coeficientes molares muy pequeño y que son responsables de la absorción al UV. Así mismo Abril et al. (2000) indican que, compuestos con doble enlace, enlaces peptídicos, sistemas aromáticos, grupos carbonilos y otros heteroátomos son absorbidos a longitudes de onda de 195 a 400 nm. De las Figuras 21 y 22, se observa que la absorbancia de los tratamientos llega a disminuir al pasar del tiempo, Arrazola et al. (2013) en su investigación de clarificación de un jugo de marañón, indican que la absorbancia de jugos clarificados llega a disminuir con el aumento del tiempo y concentración. Entonces la absorbancia de los tratamientos estudiados esta influenciado por el tiempo y la concentración que esta se encuentra almacenada, quiere decir que los tratamientos T1, T3 y T4 en el día 20 presenta menor absorbancia indicando menor concentración del hidrocoloide, mientras que el T2 se mantuvo constante. Álvarez y Cueva (2020), Presentaron iguales resultados indicando a medida que pasaba el tiempo el valor de la absorbancia disminuía, influyendo el reemplazo del agua por el hidrocoloide y dependiendo de la concentración y tipo de goma estudiada.

5.4. Medida del color L*a*b*

5.4.1. Luminosidad L*

En la Tabla 20, se muestran los resultados de la coordenada L* del color de la suspensión del hidrocoloide para cada tratamiento, se observa que la suspensión del hidrocoloide presenta valores cercanos a 100 quiere decir que se asemejan a blanco; donde el valor máximo alcanzado en el día 20 fue de 99.80 muestra para el tratamiento T4 (80°C y 0.1 mg/L); mientras que el valor mínimo en el día 20 fue de 99.74 muestra para el tratamiento T3 (60°C y 0.1 mg/L).

Tabla 20

Medida de la luminosidad L* del color de la suspensión

DIA	T1				T2				T3				T4			
	\bar{x}	$\pm S$	CV (%)	*	\bar{x}	$\pm S$	CV (%)	*	\bar{x}	$\pm S$	CV	*	\bar{x}	$\pm S$	CV	*
0	96.13	± 0.00	0.00	a	96.07	± 0.01	0.01	a	95.93	± 0.00	0.00	a	95.89	± 0.00	0.00	a
1	96.38	± 0.01	0.01	a	96.35	± 0.02	0.02	a	96.34	± 0.05	0.05	a	96.29	± 0.05	0.05	b
4	99.81	± 0.01	0.01	a	99.78	± 0.15	0.15	a	99.75	± 0.07	0.08	a	99.82	± 0.07	0.07	b
8	99.83	± 0.02	0.02	a	99.83	± 0.01	0.01	a	99.65	± 0.05	0.05	a	99.60	± 0.02	0.02	c
12	99.81	± 0.03	0.03	b	99.73	± 0.01	0.01	b	99.57	± 0.02	0.02	a	99.60	± 0.03	0.03	c
16	99.32	± 0.52	0.52	c	98.90	± 1.02	1.03	b	99.73	± 0.09	0.09	b	99.70	± 0.01	0.01	d
20	99.77	± 0.02	0.02	c	99.76	± 0.01	0.01	c	99.74	± 0.01	0.01	b	99.80	± 0.12	0.12	e

Donde: \bar{X} : media muestral; S: desviación estándar; C.V.: coeficiente de variabilidad

*Las letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa evaluada a través de test de Tukey al 5% de significancia.

La Tabla 21, se muestra los resultados del análisis de varianza (ANVA) para la Luminosidad L*, se observa que la temperatura, concentración, la interacción entre la temperatura*concentración, temperatura*día y la interacción de los tres temperatura*concentración*día no presentaron efecto significativo ($p > 0.05$), por lo cual se acepta la hipótesis nula (H_0); mientras que el día, interacción entre concentración*día reportaron efecto significativo ($p < 0.05$), por lo se acepta la hipótesis alterna (H_A).

Tabla 21

Análisis de varianza de luminosidad L*

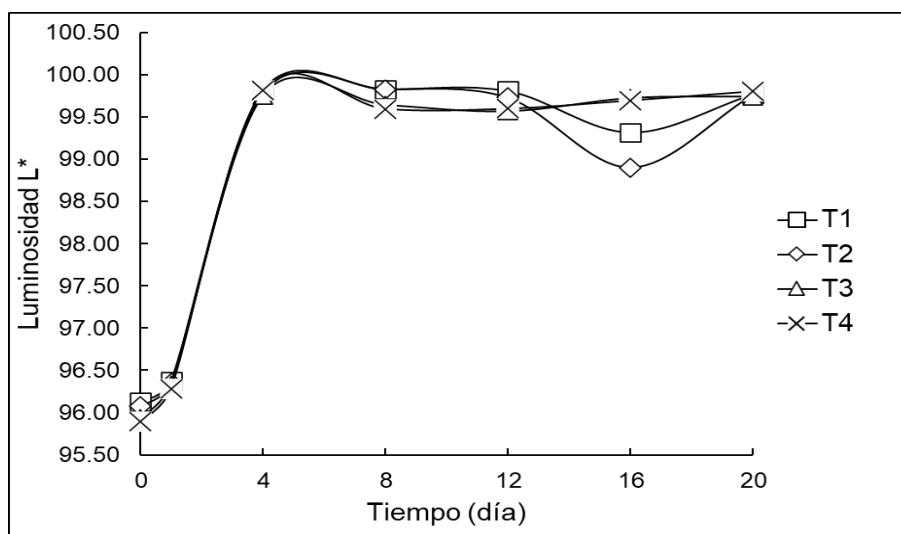
Efecto	Razón-F	Valor-P
Temperatura	0.02	0.893
Concentración	1.06	0.304
Día	348.58	0.000
Temperatura*Concentración	2.02	0.157
Temperatura*Día	1.13	0.350
Concentración*Día	3.24	0.005
Temperatura*Concentración*Día	0.76	0.602

*Datos totales Anexo 29

En la Figura 26, curva de luminosidad L* en el tiempo, se observa que las medidas de los tratamientos aumentan para el día 4, los tratamientos T1 y T2 se mantienen constantes a excepción del día 16 que llegan a disminuir, sin embargo, para el día 20 aumentan su luminosidad con medidas de 99.75, mientras que los tratamientos T3 y T4 se mantiene estables a partir del día 4 hasta el día 20, asemejándose a la coloración blanco, siendo más luminosos.

Figura 26

Curva de luminosidad L* en el tiempo



5.4.2. Cromatografía a*

La Tabla 22, presentan los resultados de la coordenada cromática a* de la suspensión del hidrocoloide para cada tratamiento; el valor máximo alcanzado en el día 20 fue -0.13 para el tratamiento T1 (60°C y 0.07 mg/L) y T2 (80°C y 0.07 mg/L); mientras el valor mínimo alcanzado en el día 20 fue -0.24 para el tratamiento T3 (60°C y 0.1 mg/L) y T4 (80°C y 0.1 mg/L).

Tabla 22

Medida del color de la coordenada cromática a*

Día	T1				T2				T3				T4			
	\bar{x}	$\pm S$	CV (%)	*	\bar{x}	$\pm S$	CV (%)	*	\bar{x}	$\pm S$	CV (%)	*	\bar{x}	$\pm S$	CV (%)	*
0	-0.63	± 0.01	0.82	a	-0.31	± 0.01	1.68	a	-1.02	± 0.00	0.00	a	-1.07	± 0.01	0.48	a
1	-0.36	± 0.02	4.22	ab	-0.26	± 0.01	2.91	b	-0.54	± 0.04	7.17	a	-0.46	± 0.01	1.13	a
4	-0.22	± 0.01	6.09	b	-0.33	± 0.02	6.64	b	-0.32	± 0.00	0.00	a	-0.33	± 0.01	1.69	b
8	-0.16	± 0.02	9.61	b	-0.13	± 0.00	0.00	b	-0.29	± 0.00	0.00	b	-0.31	± 0.02	5.59	b
12	-0.16	± 0.01	5.21	c	-0.15	± 0.01	3.78	c	-0.23	± 0.01	5.50	c	-0.31	± 0.01	2.42	b
16	-0.14	± 0.00	2.95	d	-0.09	± 0.01	5.53	d	-0.25	± 0.01	3.22	d	-0.26	± 0.02	9.61	c
20	-0.13	± 0.01	3.87	e	-0.13	± 0.00	3.10	e	-0.24	± 0.01	3.45	e	-0.24	± 0.01	2.12	d

Donde: \bar{X} : media muestral; S: desviación estándar; C.V.: coeficiente de variabilidad

*Las letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa evaluada a través de test de Tukey al 5% de significancia.

La Tabla 23, muestran los resultados del análisis de varianza (ANVA) para la coordenada cromática a* de la suspensión; se observa que la temperatura, concentración, día, interacción entre temperatura*concentración, temperatura*día, concentración*día y la interacción de las

tres temperaturas*concentración*día reportaron ($p < 0.05$), efecto significativo, por lo que se acepta la hipótesis alterna (H_A).

Tabla 23

Análisis de varianza de croma a*

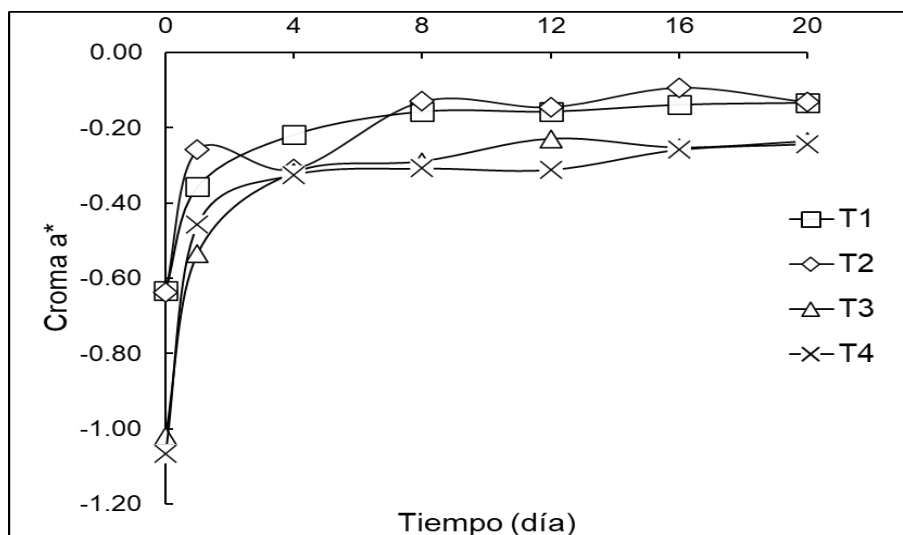
Efecto	Razón-F	Valor-P
Temperatura	138.710	0.000
Concentración	10047.100	0.000
Día	6733.540	0.000
Temperatura*Concentración	330.060	0.000
Temperatura*Día	190.860	0.000
Concentración*Día	1202.560	0.000
Temperatura*Concentración*Día	216.080	0.000

*Datos totales Anexo 30

En la Figura 27, se observa la curva del color del croma a* en el tiempo, se observa que los tratamientos disminuyen a partir del día 1, el tratamiento T1 y T2 se mantiene constante desde el día 4 hasta el día 20 con una medida que va desde los (-0.22 hasta -0.13), así mismo el tratamiento T3 y T4 son constantes desde el día 4 hasta el día 20, sin embargo, presentan mayores valores del croma a* llegando a medir -0.33 a -0.24, estos valores reportados tienden al espacio negativo es decir una tendencia a verde.

Figura 27

Curva del croma a* en el tiempo



5.4.3. Cromo b*

La Tabla 24, muestra los resultados de la coordenada cromática b* de la suspensión del hidrocoloide para cada tratamiento, donde el valor máximo alcanzado en el día 20 fue 0.95 en el tratamiento T4 (80°C y 0.1 mg/L); mientras que el valor mínimo alcanzado en el día 20 fue 0.58 para el tratamiento T1 (60°C y 0.07 mg/L).

Tabla 24

Medida del color de la coordenada cromática b*

Dia	T1			T2			T3			T4		
	± S	CV (%)	DS	± S	CV (%)	DS	± S	CV (%)	DS	± S	CV (%)	DS
0	2.30 ± 0.00	0.00	a	2.27 ± 0.00	0.00	a	3.15 ± 0.01	0.16	a	3.19 ± 0.01	0.16	a
1	1.25 ± 0.03	2.40	b	1.29 ± 0.01	0.69	b	1.70 ± 0.04	2.17	b	1.72 ± 0.10	5.62	b
4	0.73 ± 0.04	5.45	c	0.73 ± 0.02	2.25	c	1.14 ± 0.04	3.84	c	1.15 ± 0.11	9.39	c
8	0.70 ± 0.04	5.74	cd	0.75 ± 0.04	5.68	c	1.22 ± 0.02	1.27	d	1.32 ± 0.10	7.41	c
12	0.63 ± 0.00	0.00	cd	0.72 ± 0.02	2.40	c	1.32 ± 0.05	3.90	e	1.34 ± 0.03	2.61	d
16	0.68 ± 0.11	16.26	de	0.73 ± 0.02	3.00	c	1.03 ± 0.03	3.07	f	1.05 ± 0.07	6.45	de
20	0.58 ± 0.02	3.43	e	0.64 ± 0.01	1.27	d	0.85 ± 0.04	5.21	g	0.95 ± 0.04	3.72	e

Donde: \bar{X} : media muestral; S: desviación estándar; C.V.: coeficiente de variabilidad

*Las letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa evaluada a través de test de Tukey al 5% de significancia.

Se muestran los resultados del análisis de varianza (ANVA) para la coordenada cromática b* del color de la suspensión en la Tabla 25, se observa que la temperatura, concentración, día, interacción entre concentración*día reportaron ($p < 0.05$), efecto significativo, por lo se acepta la hipótesis alterna (H_A), mientras que la interacción entre la temperatura*concentración, temperatura*día y la interacción de los tres temperatura*concentración*día reportaron ($p > 0.05$), efecto no significativo por lo cual se acepta la hipótesis nula (H_0) y se rechaza la hipótesis alterna (H_A).

Tabla 25

Análisis de varianza del croma b*

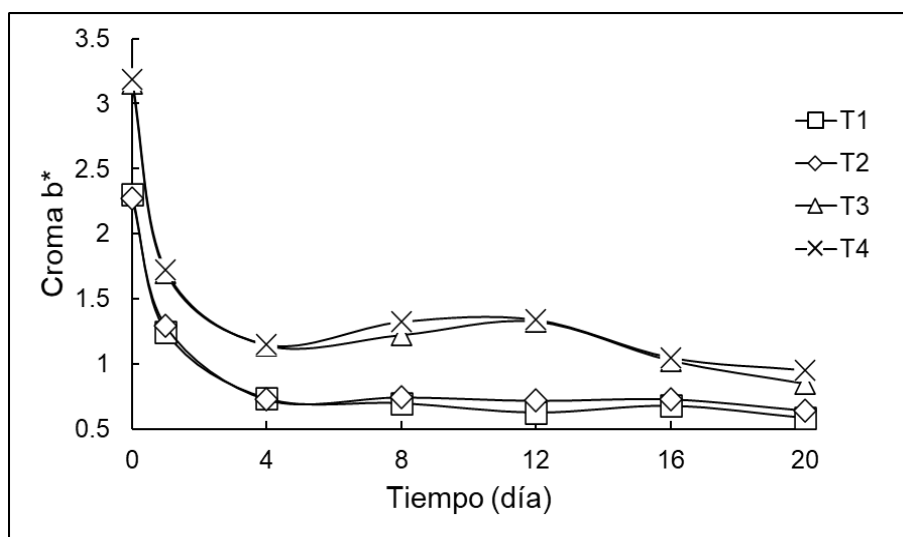
Efecto	Razón-F	Valor-P
Temperatura	28.680	0.000
Concentración	4499.520	0.000
Día	4700.220	0.000
Temperatura*Concentración	0.220	0.639
Temperatura*Día	2.620	0.019
Concentración*Día	107.030	0.000
Temperatura*Concentración*Día	1.690	0.129

*Datos totales Anexo 31

En la Figura 28, curva del color del croma b* en el tiempo, se observa que los tratamientos disminuyen a partir del día 1 hasta el día 4, a partir del día 4 se mantienen constantes hasta el día 20 durante el tiempo de almacenamiento, los tratamientos T1 y T2 son constantes a partir del día 4 hasta el día 20 medidas de 0.58 a 0.73, mientras que los tratamientos T3 y T4 se mantienen constantes a partir del día 4 hasta el día 12, disminuyendo ligeramente para el día 20 con medidas que van desde 0.85 a 0.95, con resultados positivos indicando una tendencia a amarillo.

Figura 28

Curva del croma b* en el tiempo



5.4.4. Índice total del color IC

La Tabla 26, muestran los resultados del índice de color de la suspensión del hidrocoloide para cada tratamiento, donde el índice de color máximo alcanzado en el día 20 fue -0.78 para el tratamiento T1 (60°C y 0.07 mg/L); mientras que el valor mínimo alcanzado en el día 20 fue -2.32 para el tratamiento T4 (80°C y 0.1 mg/L).

Tabla 26
Medida del índice de color IC

DIA	T1				T2				T3				T4			
	\bar{x}	$\pm S$	CV (%)	*	\bar{x}	$\pm S$	CV (%)	*	\bar{x}	$\pm S$	CV (%)	*	\bar{x}	$\pm S$	CV (%)	*
0	-15.15	± 0.00	0.00	a	-15.04	± 0.11	0.74	a	-33.51	± 0.03	0.07	a	35.45	± 0.16	0.44	a
1	-4.62	± 0.41	8.87	a	-3.46	± 0.12	3.44	ab	-9.45	± 1.14	12.08	a	-8.16	± 0.51	6.29	ab
4	-1.61	± 0.23	14.60	a	-2.26	± 0.05	2.41	ab	-3.66	± 0.19	5.06	a	-3.74	± 0.43	11.48	bc
8	-1.10	± 0.22	20.09	a	-0.97	± 0.07	7.29	b	-3.55	± 0.05	1.49	a	-4.10	± 0.35	8.47	bc
12	-0.98	± 0.07	7.19	a	-1.04	± 0.03	3.27	c	-3.06	± 0.34	11.14	a	-4.19	± 0.17	4.07	c
16	-0.94	± 0.23	23.91	b	-0.69	± 0.02	2.54	d	-2.61	± 0.20	7.75	b	-2.73	± 0.50	18.29	d
20	-0.78	± 0.01	1.34	c	-0.85	± 0.00	0.32	e	-2.01	± 0.21	10.65	c	-2.32	± 0.06	2.65	e

Donde: \bar{X} : media muestral; S: desviación estándar; C.V.: coeficiente de variabilidad

*Las letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa evaluada a través de test de Tukey al 5% de significancia.

Los resultados del análisis de varianza (ANVA) del índice de color de la suspensión se muestran en la Tabla 27; se observa que la concentración, día, interacción entre temperatura*concentración, temperatura*día, concentración*día y la interacción de las tres temperaturas*concentración*día reportaron ($p < 0.05$), efecto significativo por lo que se acepta la hipótesis alterna (H_A), mientras que en la concentración reportaron ($p > 0.05$) efecto no significativo, por lo que se acepta la hipótesis nula (H_0) y se rechaza la hipótesis alterna (H_A).

Tabla 27

Análisis de varianza del índice de color

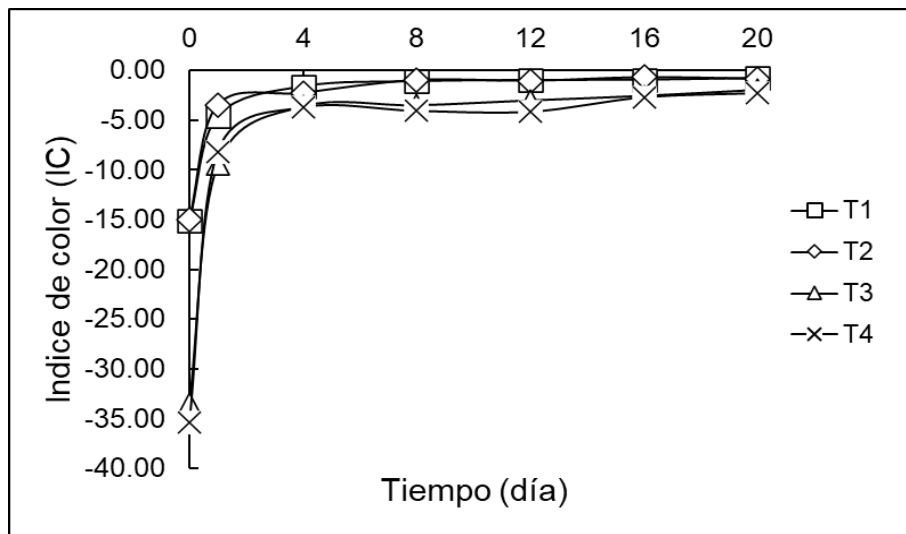
Efecto	Razón-F	Valor-P
Temperatura	2.750	0.108
Concentración	3425.440	0.000
Día	5744.020	0.000
Temperatura*Concentración	9.900	0.004
Temperatura*Día	9.320	0.000
Concentración*Día	842.370	0.000
Temperatura*Concentración*Día	3.650	0.008

*Datos totales Anexo 32

La Figura 29, curva del índice de color en el tiempo, se observa que los tratamientos T1, T2, T3 y T4 a partir del día 1, reportan disminución del índice de color, manteniéndose estables a partir del día 4 hasta el día, el tratamiento T1 y T2 se mantiene constantes al igual que el tratamiento T3 y T4 los valores van desde (-4.19 a -0.78) indicando que no hay un cambio de color, quiere decir que tiene un solo aspecto respecto al índice de color, con una tendencia a colores amarillo verdoso.

Figura 29

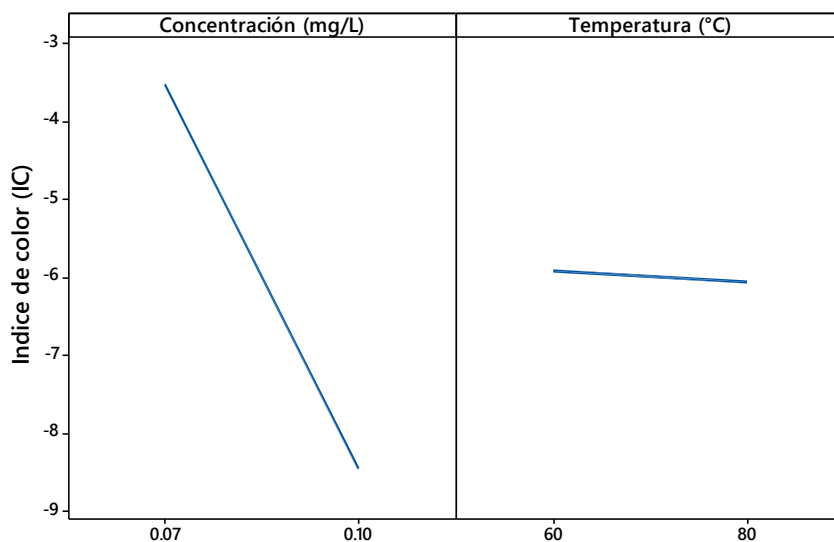
Curva del índice de color IC en el tiempo



En la Figura 30, efectos principales del índice de color, se observa que a mayor concentración, mayor valor negativo sera el valor del indice de color de la suspension, mientras que la temperatura no llega a tener mayor efecto en el indice de color.

Figura 30

Efectos principales del índice de color

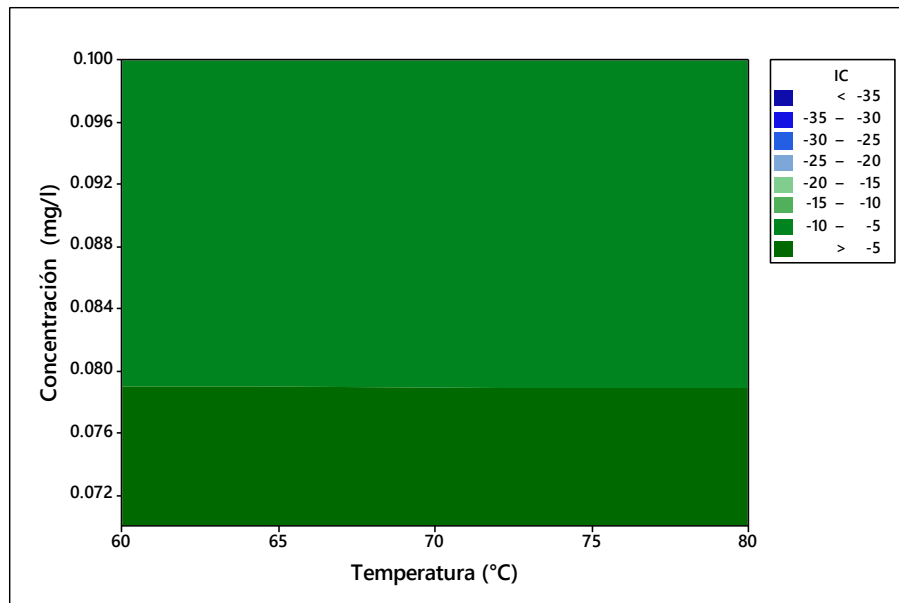


En la Figura 31, diagrama de contornos del índice de color, se observa que la temperatura no influye en el índice de color, mientras que a concentraciones mayores de 0.078 a 0.10 mg/L indican que el índice de color corresponde a un color verde, esto debido al color natural del

hidrocoloide *Nostoc Sphaericum*, lo que resulta un efecto verde amarillento en la suspensión. Choque-Quispe et al. (2022), reportaron valores de índice de color -20.0 a -2.0 con una coloración verde amarillento en *Nostoc* deshidratados y atomizados.

Figura 31

Contornos del índice de color



Para Bello et al. (2015), indican que valores del IC por debajo -7 corresponden a un color verde, y la intensidad aumenta a medida que el valor se vuelve más negativo. Los valores entre -7 a +7 denotan coloraciones entre verde amarillento (-7 a 0), amarillento pálido o naranja verdoso (valores cercanos a 0) y naranja pálido (0 a +7). Valores superiores a +7 indican coloraciones naranjas que se vuelven más intensas a medida que aumenta el IC. Los colores verdes, verde amarillento presente en la suspensión del hidrocoloide se debe a que el hidrocoloide *Nostoc Sphaericum* presenta clorofila. La clorofila son una familia de pigmentos de color verde que se encuentra en todos los organismos que contiene cloroplastos lo que incluyen a las plantas y a diversas algas (Muhammad et al., 2014). Por lo tanto, se eligió como el mejor tratamiento al tratamiento T4 ya que presentan colores verdes amarillento, representativo del alga de *Nostoc Sphaericum*, asimismo, se puede deducir que la concentración es el que tiene mayor efecto que la temperatura en la suspensión del hidrocoloide de *Nostoc Sphaericum*.

CONCLUSIONES

El comportamiento reológico, estabilidad y color de la suspensión del hidrocoloide atomizado de *Nostoc Sphaericum*, permitió conocer resultados aceptables del hidrocoloide para ser considerados como un estabilizador en las industrias alimentarias, comprobando la dependencia de temperatura y concentración en la preparación de la suspensión.

Se determinó que de los cuatro modelos estudiados en la evaluación reológica de la suspensión del hidrocoloide, los modelos de Ley de potencia y Hershel-Bulkley son los que mejor se ajustaron al trabajo de investigación, asimismo, el parámetro de ley de potencia al incrementar la temperatura de 60 a 80 °C a concentraciones 0.07 mg/L el índice de comportamiento reológico (n) disminuye de 1.6641 a 1.4730, mientras que el índice de consistencia (k) incrementa 0.0001 Pa.sⁿ a 0.0002 Pa.sⁿ, al igual que las concentraciones de 0.1 mg/L índice de comportamiento reológico (n) disminuye de 1.6094 a 1.3366 mientras que el índice de consistencia (k) incrementa 0.0001 Pa.sⁿ a 0.0003 Pa.sⁿ, resultados similares reportó el modelo de Hershel-Bulkley, refiriéndose a un fluido no Newtoniano y un comportamiento dilatante.

Los parámetros de la estabilidad como la turbiedad del sobrenadante, turbiedad del sedimento, potencial zeta y color aparente, provocó efecto significativo, determinaron que cuanto mayor sea la concentración y temperatura hay un mayor efecto en la estabilidad, siendo el tratamiento T4 (80°C – 0.1 mg/L) presentó tener mayor estabilidad en la suspensión del hidrocoloide.

Respecto a la medida del índice de color de la suspensión del hidrocoloide atomizado de *Nostoc Sphaericum*, se concluye que cuanto mayor sea la concentración del hidrocoloide mayor efecto en los resultados, sin embargo la temperatura no tiene mayor efecto en el índice de color, siendo el tratamiento T4 (80°C-0.1 mg/L) que reportó tener mayor índice de color respecto a la suspensión del hidrocoloide.

RECOMENDACIONES

Realizar estudios en bebidas industriales con adición del hidrocoloide atomizado de *Nostoc Sphaericum*.

Realizar estudios como otros factores que afecten la estabilidad del hidrocoloide como el tiempo y pH.

Evaluar el efecto del uso del hidrocoloide como agente estabilizador en jugos y bebidas lácteas.

Aprovechar la alga de *Nostoc Sphaericum* ya que es un alimento silvestre que existe en nuestra localidad utilizando otro método de secado para desarrollar más investigaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, M., Saez, J., Llorens, M., Soler, A., & Ortuño, J.F. (2002). Tratamientos fisico-químico de aguas residuales: coagulación – floculación. Primera edición. Edit. EDITUM, Murcia, España.
- Abril, N., Barcena, J., Fernandez, E., Galvan, A., Jorrián, J., Peinado, J., Toribio, Fe., Tunez, I. (2000). Espectrofotometría: Espectros de absorción y cuantificación colorimétrica de biomoléculas. Universidad de Córdoba, p. 1-8.
- Alhuay, O. (2018). Influencia de la concentración de carboximetilcelulosa y goma xantán en las propiedades organolépticas y físicas del néctar de papayita nativa (*Carica pubescens*). Tesis para optar el título de ingeniero agroindustrial. Universidad Nacional José María Arguedas Andahuaylas, Apurímac, Perú. p,54.
- Alvarado, J. (2014). Principios de ingeniería aplicados a alimentos. Segunda edición. Publisher: Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.
- Alvarado, S., & Rodríguez, B. (2017). Efecto del consumo de hierro contenido en la murmuña (*Nostoc sphaericum*) en la recuperación de ratas con anemia inducida, Arequipa, 2017. Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú. p,100.
- Alvarez, G., Cueva, C. (2020). Efecto de diferentes tipos de hidrocoloides en el tiempo de estabilidad de una bebida refrescante de limón (*Citrus Limón*) con panela. Tesis de pregrado, Escuela superior politecnica agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Cantón, Bolívar, Manabí. p,24.
- Arrázola, G., Alvis, A., & Osorio, J. (2013). Clarificación combinada y evaluación sensorial de jugo de marañón (*Anacardium occidentale* L.). Revista MVZ Córdoba, 18 (Suplemento 1), 3722-3730.
- Amaringo, F., & Hormaza, A. (2013). Determinación del punto de carga cero y punto isoelectrico de dos residuos agrícolas y su aplicación en la remoción de colorantes. RIAA, 4(2), 27-36.
- Arrázola, G., Herazo, I., Alvis, A. (2013). Obtención y Evaluación de la Estabilidad de Antocianinas de Berenjena (*Solanum melongena* L.) en Bebidas. Información Tecnológica. Vol. 25(3), 43-52.
- APHA, AWWA, WEF. (2012). Standard Methods for examination of water and wastewater. Washington: American Public Health Association. 22nd, 1360 pp.
- Babbar, N.; Aggarwal, P.; Oberoi, H. (2015). Efecto de la Adición de Hidrocoloides en la Estabilidad Coloidal del Jugo de Litchi (*Litchi Chinnensis* Sonn). Revista de Procesamiento y Conservación de Alimentos, 39(2), 183–189.

- Batalla, J., Cuadros, A., & San, E. (2014). Potencial zeta en la determinación de carga superficial de liposomas. *Latin-American Journal of Physics Education*, 8(4), 4319-4323.
- Bello, F., Eyman, L., Almiron, N., Cocco, A., Torres, F. (2015). Cartillas para determinar el índice de color de mandarinas y naranjas. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Centro Regional entre Ríos. Estación experimental Agropecuaria Concordia.
- Boatella, J., Codony, R., & Lopez, P., (2004). *Química y Bioquímica de los alimentos II*. Edicions Universitat. Barcelona, España.
- Camelo-Mendez, G. A., & Sotelo, L. I. (2012). Efecto de las condiciones de almacenamiento sobre el color, contenido de polifenoles y capacidad antioxidante de una beida de *Borojoa patinoi* Cuatrecasas. *Bol Latinoam Caribe Plant Med Aromat.*, 11(2), 196-205.
- Candia, D. (2018). Desarrollo de films obtenidos con hidrocoloides modificados por nanoarcilla y radiación ultravioleta. Tesis de doctorado, Universidad de Santiago de Compostela. Lugo, España. p,138.
- Capcha, K., Naventa, E., Rios, C., & Sisa, N. (2020). Evaluación de tres niveles de temperatura de secado de *cushuru* (*Nostoc sp*) en el color y porcentaje de proteína. Tesis de grado, Universidad San Ignacio de Loyola. Lima, Peru. p, 42.
- Costa, J., Cunill, F., Esplugas, S., Mans, C., & Mata, A., (1994). *Curso de Ingeniería Química*. Reverte.
- Castulovich, B., Franco, J., (2018). Efecto de agentes estabilizantes en jugo de pina (*Ananas comosus*) y coco (*Cocos nucifera L.*) edulcorado. *Prisma*, 9(1).
- Choque-Quispe, D., Mojo-Quisani, A., Ligarda-Samanez, C., Calla-Florez, M., Ramos-Pacheco, B., Zamalloa-Puma, Peralta-Guevara, D., Solano-Reynoso, A., Choque-Quispe, Y., Zamalloa-Puma, A., Palomino-Malpartida, Y., Medina-Quiquin, L., Kari-Ferro, A. (2022). Caracterización preliminar de un hidrocoloide atomizado a partir de un alga altoandina (*Nostoc sphaericum*). *Alimentos*, 11(11),1640. <https://doi.org/10.3390/foods11111640>
- Chuquilin-Goicochea, R., Ccente-Lulo, F., Arteaga-Llacza, P., Huayta, F., & Obregon Tinoco, H. A. (2021). Caracterización química y reológica del hidrocoloide de *Senna birostris*. *Manglar*, 18(2), 111-115. <http://dx.doi.org/10.17268/manglar.2021.014>
- Contreras-Lozano, K., Ciro-Velasquez, H., & Arango-Tobon, J. (2019). Hidrocoloides como estabilizantes en bebidas de maíz dulce (*Zea mays var. saccharata*) y gel de aloe vera (*Aloe barbadensis Miller*). *Revista udactual.divulg.cient*, 22(2), 1-9. <https://doi.org/10.31910/rudca.v22.n2.2019.1090>.

- Corpus, A., Alcantara, M., Celis, H., Echevarria, B., Paredes, J., & Paucar, L. M. (2021). Cushuro (*Nostoc sphaericum*): Hábitat, características fisicoquímicas, composición nutricional, formas de consumo y propiedades medicinales. *Agroindustrial Science*, 11(2), 231-238.
- Delgado, H. (2004). Plantas alimenticias del Peru. departamento Academico de Nutricion clinica y comunitaria. Universidad Cientifica del Sur. Lima, Peru.
- Diaz, R. (2018). Reologia aplicada a sistemas alimentarias .Primera edicion. Editorial Grupo Compas, Guayaquil, Ecuador.
- Emine Alben Ercelebi; Esra Ibanoglu (2007). Influence of hydrocolloids on phase separation and emulsion properties of whey protein isolate. *Journal of Food Engineering* 80(2), 454–459.
- Figuroa, J., Marquez, C., Ciro, H. (2016). Evaluacion de la estabilidad coloidal en bebidas de tomate de árbol. *Agronomía Colombiana* 34(1Supl), S792-S795.
- Garbocci, B. (2022). Hidrocoloides presentes en algas comestibles y su interacción con proteínas de origen animal. Tesis de doctorado. Universidad Nacional de la Plata. Buenos Aires, Argentina. p, 51.
- Galarza, C. (2021). Diseños de investigación experimental. *CienciAmerica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnologica Indoamerica.*, 10(1), 1-7.
- Garcia, E. E. (2011). Optimizacion del secado por aspersion de mucilago de pitahaya (*Hylocereus undatus*) en funcion de sus propiedades reologicas. Tesis de maestria. Instituto Politecnico Nacional, Santra Cruz Xoxocotlan, Oaxaca, Mexico. p, 93.
- Genovese, D., & Lozano, J. (2001). El efecto de los hidrocoloides sobre la estabilidad y la viscosidad de jugos de Manzana. *Hidrocoloides alimentarios*, 15(1), 1-7. [https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(00\)00053-9](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(00)00053-9)
- Guerrero, B., Zamora, M., Ojer, W., Meza, G., Otarola, M., Lopez, M., Dominguez, O., Melendez, J., Santo, C., Cifuentes, I. (2016). Instrumentación y control en plantas de tratamiento de aguas y lodos residuales. *Escuela de Ingeniería Mecánica*, 2, 25-31.
- Guevara, J., Villegas, E., & Argumedo, L. (2016) Efecto de la temperatura y concentracion las propiedades reologicas del zumo de sandia (*Citrullus lanatus*). *Prospectiva Universitaria*, 13 81), 21 – 28.
- Gonzales, G., Chávez, M., Mejías, D., Mas, M., Ruby, Y., Fernández, N., & Leon, G. (2006). Uso del exudado gomoso producido por *Samanea saman* en la potabilizacion de las aguas. *Rev. Tec. Ing. Univ. Zulia*, 29(1), 14-22.
- Glicksman, M. (1982). *Food Hydrocolloids*. New York: Boca Raton: CRC Press. Vol. 1, 219 p. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820104-6.00017-6>

- Salgado, L. V., & Hernández, C. V. (2014). Medición de la absorbancia óptica de soluciones acuosas mediante la instrumentación virtual y el control. *Scientia et Technica*, 19(1), 49-53.
- Hernandez, L., & Perez, C. (2002). *Análisis instrumental*. Madrid. Editorial Ariel.
- Hernandez Rodriguez, M., & Sastre Gallego, A. (1999). *Tratado de nutrición*. Edit. Ediciones Diaz de Santos, Madrid, España.
- Hwang, J., & Kokini, J. L. (1992). Contribución de las ramas laterales a la reología propiedades de las pectinas. *Polímeros de carbohidratos*, 19(1), 41-50.
- Ibrahim, G., Hassan, M., Abd-Elrashid, A., Massry, K., Ghorab, A., Ramadan, M., Osmana, F. (2011). Efecto de los agentes enturbiaadores sobre la calidad del jugo de manzana durante el almacenamiento. *Hidrocoloides alimentarios*, 25(1), 91-97. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2010.05.009>
- Kosegarten, C., & Jimenez, M. (2012). Factores principales que intervienen en la estabilidad de una emulsión doble. *Temas selectos de ingeniería de alimentos*, 6(2), 1-18.
- Laz, M. L., Tuarez, M. A., Bermello, S. J., Diaz, E. G. (2018). Evaluación físicoquímica en jugo de maracuyá con diferentes concentraciones de hidrocoloides. *Espancienicia*, 10(1):119-123.
- Li, J. M., & Nie, S. P. (2016). Los aspectos funcionales y nutricionales de los hidrocoloides en los alimentos. *Hidrocoloides alimentarios*, 46-61. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.01.035>
- Ligarda-Samanez, C. A., Choque-Quispe, D., Palomino-Rincon, H., Ramos-Pacheco, B. S., Moscoso-Moscoso, E., Huaman-Carrion, Peralta-Guevara, D., Obregon-Yupanqui, M., Aroni-Carrion, J., Bravo-Franco, E., Palomino-Rincon, W., De la Cruz, G. (2022). Biosorbentes poliméricos modificados de *Rumex acetosella* para la eliminación de metales pesados en aguas residuales. *Polímeros*, 14(11), 2191.
- Lozada. (2014). Investigación aplicada: Definición, propiedad intelectual e industria. *Ciencia Americana: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica*, 3(1), 47-50.
- Martínez-Orjuela, M., Mendoza-Coronado, J., Medrano-Solís, B., Gómez-Torres, L., & Zafra-Mejía, C. (2020). Evaluación de la turbiedad como parámetro indicador del tratamiento en una planta potabilizadora municipal. *Revista UIS Ingenierías*, 19(1), 15-24. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=553768131002>
- Martinez, A. (2006). Métodos de análisis físicos y espectrofotométricos para el análisis de aguas residuales. *Tecnología en marcha*, 19(2), 31 -40.
- Martin-Diana, A., Rico, D., Barat, J., Barry-Ryan, C. (2009). Zumos de naranja enriquecidos con quitosano: Optimización para prolongar la vida útil. *Ciencia innovadora de los*

- alimentos y tecnologías emergentes. 10 (4), 590-600.
<https://doi.org/10.1016/j.ifset.2009.05.003>
- Martínez, Y. (2019). Tratamiento de lixiviados en la etapa de compostaje mediante el proceso de coagulación con mucilago de *Opuntia Ficus Indica*. Tesis de Maestría. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo, Perú. p, 48.
- Mathias-Retting, K. & Ah-Hen, K. (2014). El color en los alimentos, un cierto criterio de calidad medible. *Agro sur*, 42(2), 57 – 66.
- Mirhosseini, H., Tan, C. P., Hamid, N., & Yusof, S. (2008). Efecto de los contenidos de goma arabiga, goma xantana y aceite de naranja en ζ -potencial, conductividad, estabilidad. indice de tamaño y pH de emulsion de bebida de naranja. *Coloides y superficies A: Aspectos fisicoquimicos y de ingenieria*, 315(1-3), 47-56.
<https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2007.07.007>
- Mott, R. L. (2006). *Mecanica de Fluidos* . Edit: pearson educacion, Mexico.
- Monje, C. (2011). *Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa. Guía didáctica*. Colombia: Universidad Surcolombiana.
- Mukprasirt, A., Herald, T., & Flores, R. (2000). Caracterizacion reologica de rebozados a base de harina de arroz. *journal of food science*, 1194-1199. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2000.tb10264.x>
- Munoz, J., Alfaro, M., & Zapata, I. (2007). Avances en la formulacion de emulsiones. *Grasas y aceites*, 58(1), 64-73.
- Muhammad, A., Mahmoudreza, O., Rasco, B., Tang, J., Sablani, S. (2014). Estacionalidad de la cinetica térmica de los cambios de color en hojas enteras de espinaca (*Spinaca oleracea*) en condiciones de pasteurización. *International Journal of Food Properties*, 17:2012 – 2014. <https://doi.org/10.1080/10942912.2013.779701>
- Nicomedes, E. (2018). Tipos de investigación. Universidad Santo Domingo de Guzman, 1-4.
- Oluwasogo Ayorinde, J., & Odeniyi, M. A. (2017). Evaluacion de las propiedades suspendientes de una nueva goma vegetal en formulaciones de sulfametoxazol. *Revista Internacional de Farmacologia y Tecnologia Farmaceutica*, Vol.1:Iss. 2, Article 8. 10.47893/IJPPT.2017.1023
- Ospina, M. M., Sepulveda, J. U., Restrepo, D. A., Cabrera, K. R., & Suarez, H. (2012). Influencia de goma xantan y goma guar sobre las propiedades reologicas de leche saborizada de cocoa. *Biotecnologia en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* , 10(1), 51-59.
- Otzen, T., Manterola, C. (2017). Tecnicas de muestreo sobre una población a estudio. *Int. J. Morphol*, 35(1): 227-232.
- Ponce, E. (2014). *Nostoc: un alimento diferente y su presencia en la precordillera de Arica. Idesia (Arica)* , 115-118.

- Quintana, J. (2003). Microestructura, estabilidad y propiedades reológicas de emulsiones alimentarias estabilizadas con hidrocoloides. Tesis doctoral. Universidad Nacional de la Plata, Buenos Aires, Argentina. p, 201.
- Quintans, L. (2008). Reología de productos alimentarios. Tesis doctoral. Universidad de Santiago de Compostela, España. p, 225.
- Quispe-Chambilla, L., Pumacahua-Ramos, A., Choque-Quispe, D., Curro-Perez, F., Carrion-Sanchez, H. M., Peralta-Guevara, D. E., Masco-Arriola, M. L., Palomino-Rincon, H., Ligarda-Samanez, C. A. (2022). Propiedades reológicas y funcionales del chocolate amargo con sustitución parcial de mani y sachá inchi. *Alimentos*, 11(8), 1142.
- Ramirez, J. (2006). Introducción a la reología de los alimentos. Cali: ReCiTeIA. v.6.
- Rincon, F. (2013). Propiedades físico-química, reológica y funcionalidad de la goma de semilla de *Prosopis juliflora* "cuji". Tesis de doctorado. Universidad de Córdoba, Córdoba, Colombia. p, 326.
- Rojas, O., Briceño, M. I., & Avendaño, J. (2012). fundamentos de reología. Cuaderno FIRP Version 2. Universidad de los Andes, Venezuela. p, 40-43.
- Roldan, W. (2015). Caracterización y cuantificación del comportamiento reológico del hidrocoloide proveniente del *Nostoc* (*Nostoc sphaericum* v.). Tesis para optar el grado de magister. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. p, 93.
- Saravia, R. (2011). Estudio para la optimización de la formulación del néctar de naranja con zanahoria para mejorar el sabor y reducir las mermas. Tesis para optar el título profesional en ingeniería de alimentos. Universidad tecnológica Equinoccial, Quito, Ecuador. p, 63.
- Saha, D., & Bhattacharya. (2010). Hidrocoloides como agentes espesantes y gelificantes en alimentos: una revisión crítica. *Revista de ciencia y tecnología de los alimentos*, 587-597.
- Sicha, A., & Lock, O. (1992). hidrocoloides. *Revista de Química*, 171-180.
- Silva, C. (2010). caracterización reológica de hidrocoloides alimentarios: goma guar, goma tragacanto, metilcelulosa y sus mezclas. Tesis para optar el grado de Doctor en ciencia e ingeniería de los alimentos. Universidad de Santiago de Compostela, Lugo, España. p, 402.
- Torres-Maza, A., Yupanqui-Bacilio, C., Castro, V., Aguirre, E., Villanueva, E., & Rodríguez, G. (2020). Comparación de los hidrocoloides *Nostoc commune* y *Nostoc sphaericum*: Secado, espectroscopia, reología y aplicación en néctar. *Scientia Agropecuaria*, 11 (4), 583-589. <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.04.14>
- Thompson, E. (2020). Extracción y caracterización reológica y funcional del hidrocoloide de las semillas del Chan (*Hyptis suaveolens*). Tesis para optar el grado y título de

- Maestria academica en ciencias de alimentos. Universidad de Costa Rica, Costa Rica. p, 128.
- Tecnologica, C. de I. (1999). Informacion Tecnologica. Centro de Informacion Tecnologica.
- Uechi, J. (2016). Estudio del proceso de adsorcion de cadmio y cromo presentes en soluciones acuosas utilizando carbones activados modificados. Tesis para optar el grado de Magister en Quimica. Pontificia Universidad Catolica del Peru. Lima, Peru. p, 25.
- Valderrama, J. (2012). Extraccion y caracterizacion funcional del hidrocoloide obtenido a partir del alga Nostoc sp (proveniente de la laguna huascacocha). Tesis para optar el titulo de ingeniero Agroindustrial. Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurimac, Abancay, Peru. p, 89.
- Vargas, L., & Gonzales, F. (2012). extraccion y caracterizacion quimica y reologica de hidrocoloide de opuntia spinulifera con perspectivas de aditivo en la industria de alimentos. Tesis para optar el grado academico de Doctora en ciencias ambientales. Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Peru. p, 103.
- Vera, N. (2019). Estudio comparativo de las propiedades físicas de distintos hidrocoloides en un sistema de digestion in vitro. Tesis para optar el grado de Ingenieria en alimentos y Magister en Ciencias de los alimentos. Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile. p, 119.
- Vignoni, L., Cesari, R., Forte, M., & Mirabile, M. (2006). Determinacion de indice de color en ajo picado . Informacion Tecnologica , 17(6), 63-67. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642006000600011>
- Yupanqui Bacilio, C. I., & Torres Maza, A. J. (2018). Comportamiento reologico del hidrocoloide proveniente del cushuro (N. Conmune y N. Sphaericum) obtenido por liofilizacion y aire caliente. Tesis para obtener el titulo profesional de Ingeniero Agroindustrial. Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote, Peru. p, 148.
- Zeta-Meter. (15 de Agosto de 2022). Academia.edu. Obtenido de https://www.academia.edu/28804944/Potencial_Zeta.

ANEXOS

Anexo 1. Datos de ajuste Ley de Potencia 40°C – 0.07 mg/L

Tasa de corte	Esfuerzo de corte	k	n	Eajus	dif ²
1	-0.0169	7.55642E-05	1.591075	7.556E-05	0.000288
2	-0.01296			0.0002277	0.000174
3	-0.00962			0.000434	0.000101
4	-0.00716			0.0006859	6.16E-05
5	0.001909			0.0009782	8.67E-07
294	0.62336			0.639208	0.000251
295	0.63876			0.6426707	1.53E-05
296	0.65764			0.6461404	0.000132
297	0.66149			0.6496171	0.000141
298	0.64916			0.6531006	1.55E-05
299	0.64283			0.6565911	0.000189
300	0.64769			0.6600885	0.000154
					0.088993

Model: $v_2 = k \cdot v_1^{**n}$ (Spreadsheet2)		
Dep. var: t(pa) Loss: (OBS-PRED)**2		
Final loss: .088950030 R= .99621 Variance explained: 99.244%		
N=300	k	n
Estimate	#####	#####

Anexo 2. Datos de ajuste plástico de Bingham 40°C – 0.07 mg/L

Tasa de corte	Esfuerzo de corte	t _y	n _B	Eajus	dif ²
1	-0.0169	-0.080930	0.002245	-0.07869	0.003817
2	-0.01296			-0.07644	0.004029
3	-0.00962			-0.0742	0.004171
4	-0.00716			-0.07195	0.004197
5	0.001909			-0.06971	0.005129
295	0.63876			0.581352	0.003296
296	0.65764			0.583597	0.005482
297	0.66149			0.585842	0.005723
298	0.64916			0.588087	0.00373
299	0.64283			0.590332	0.002756
300	0.64769			0.592577	0.003037
					0.427701

Model: $v_2 = t_y + n_B \cdot v_1$ (Spreadsheet2)		
Dep. var: t(pa) Loss: (OBS-PRED)**2		
Final loss: .427700982 R= .98166 Variance explained: 96.366%		
N=300	t _y	n _B
Estimate	-0.080930	0.002245

Anexo 3. Datos de ajuste Herschel – Bulkley 40°C – 0.07 mg/L

Tasa de corte	Esfuerzo de corte	t_y	n	K_H	Eajus	dif ²
1	-0.0169	0.006131	1.625631	0.000062	0.006193	0.000533
2	-0.01296				0.006321	0.000372
3	-0.00962				0.006499	0.00026
4	-0.00716				0.006718	0.000193
5	0.001909				0.006975	2.57E-05
295	0.63876				0.644136	2.89E-05
296	0.65764				0.647656	9.97E-05
297	0.66149				0.651183	0.000106
298	0.64916				0.654717	3.09E-05
299	0.64283				0.658259	0.000238
300	0.64769				0.661808	0.000199
						0.08735

Model: $v_2 = t_y + k \cdot v_1^{**n}$ (Spreadsheet3)			
Dep. var: $t(\text{pa})$ Loss: (OBS-PRED)**2			
Final loss: .087350496 R= .99628 Variance explained: 99.25%			
N=300	t_y	k	n
Estimate	0.006131	0.000062	1.625631

Anexo 4. Datos de ajuste Casson 40°C – 0.07 mg/L

Tasa de corte	Esfuerzo de corte	t_y	k	Eajus	dif ²
1	-0.0169	-0.161860	0.004490	-0.07869	0.003817
2	-0.01296			-0.07644	0.004029
3	-0.00962			-0.0742	0.004171
4	-0.00716			-0.07195	0.004197
5	0.001909			-0.06971	0.005129
295	0.63876			0.581352	0.003296
296	0.65764			0.583597	0.005482
297	0.66149			0.585842	0.005723
298	0.64916			0.588087	0.00373
299	0.64283			0.590332	0.002756
300	0.64769			0.592577	0.003037
					0.427701

Model: $v_2 = t_y^{**1/2} + k \cdot v_1^{**1/2}$ (Spreadsheet2)		
Dep. var: $t(\text{pa})$ Loss: (OBS-PRED)**2		
Final loss: .427700982 R= .98166 Variance explained: 96.36%		
N=300	t_y	k
Estimate	-0.161860	0.004490

Anexo 5. Datos de ajuste Ley de Potencia 60°C – 0.07 mg/L

Tasa de corte	Esfuerzo de corte	k	n	Eajus	dif ²
1	0.00758	0.000051	1.664124	5.104E-05	5.67E-05
2	0.00630			0.0001618	3.77E-05
3	0.00840			0.0003176	6.53E-05
4	0.01321			0.0005127	0.000161
5	0.01855			0.0007432	0.000317
295	0.64676			0.6577144	0.00012
296	0.65477			0.6614288	4.43E-05
297	0.67060			0.6651516	2.97E-05
298	0.68151			0.6688827	0.000159
299	0.67868			0.6726221	3.67E-05
300	0.67500			0.6763698	1.88E-06
					0.083448

Model: $v_2 = k \cdot v_1^{**n}$ (Spreadsheet4)		
Dep. var: t(pa) Loss: (OBS-PRED)**2		
Final loss: .083448249 R= .99665 Variance explained: 99.33%		
N=300	k	n
Estimate	0.000051	1.664124

Anexo 6. Datos de ajuste plástico de Bingham 60°C – 0.07 mg/L

Tasa de corte	Esfuerzo de corte	t _y	n _B	Eajus	dif ²
1	0.00758	-0.091596	0.002305	-0.08929	0.009384
2	0.00630			-0.08699	0.008703
3	0.00840			-0.08468	0.008663
4	0.01321			-0.08237	0.009136
5	0.01855			-0.08007	0.009725
295	0.64676			0.588444	0.003401
296	0.65477			0.590749	0.004099
297	0.67060			0.593054	0.006013
298	0.68151			0.595359	0.007422
299	0.67868			0.597664	0.006564
300	0.67500			0.59997	0.00563
					0.505346

Model: $v_2 = t_y + n_B \cdot v_1$ (Spreadsheet4)		
Dep. var: t(pa) Loss: (OBS-PRED)**2		
Final loss: .505345502 R= .97951 Variance explained: 95.94%		
N=300	t _y	n _B
Estimate	-0.091596	0.002305

Anexo 7. Datos de ajuste Herschel – Bulkley 60°C – 0.07 mg/L

Tasa de corte	Esfuerzo de corte	t_y	n	K_H	Eajus	dif ²
1	0.007578	-0.093519	1.066299	0.001547	-0.09197	0.00991
2	0.006302				-0.09028	0.009328
3	0.008397				-0.08853	0.009394
4	0.013206				-0.08674	0.009988
5	0.018547				-0.08491	0.010704
295	0.646760				0.571819	0.005616
296	0.654770				0.574225	0.006488
297	0.670600				0.57663	0.00883
298	0.681510				0.579037	0.010501
299	0.678680				0.581443	0.009455
300	0.675000				0.583851	0.008308
						0.536331

Model: $v_2 = t_y + k_H v_1^{**n}$ (Spreadsheet5)			
Dep. var: t(pa) Loss: (OBS-PRED)**2			
Final loss: .536330997 R= .97824 Variance explained: 95.69%			
N=300	t_y	k_H	n
Estimate	#####	#####	#####

Anexo 8. Datos de ajuste Casson 60°C – 0.07 mg/L

6	Esfuerzo de corte	t_y	k	Eajus	dif ²
1	0.007578	-0.183192	0.004610	-0.08929	0.0093836
2	0.006302			-0.08699	0.0087025
3	0.008397			-0.08468	0.0086633
4	0.013206			-0.08237	0.0091357
5	0.018547			-0.08007	0.0097253
295	0.646760			0.588444	0.0034008
296	0.654770			0.590749	0.0040987
297	0.670600			0.593054	0.0060134
298	0.681510			0.595359	0.0074219
299	0.678680			0.597664	0.0065635
300	0.675000			0.59997	0.0056295
					0.5053455

Model: $v_2 = t_y^{**1/2} + k v_1^{**1/2}$ (Spreadsheet6)		
Dep. var: t(pa) Loss: (OBS-PRED)**2		
Final loss: .505345502 R= .97951 Variance explained: 95.94%		
N=300	t_y	k
Estimate	-0.183192	0.004610

Anexo 9. Datos de ajuste Ley de Potencia 80°C – 0.07 mg/L

Tasa de corte	Esfuerzo de corte	k	n	Eajus	dif ²
1	0.00920	0.000151	1.472653	0.0001515	8.185E-05
2	0.01219			0.0004204	0.0001385
3	0.01451			0.0007637	0.0001888
4	0.01956			0.0011666	0.0003383
5	0.02536			0.0016205	0.0005634
295	0.61748			0.6569018	0.0015541
296	0.63048			0.6601837	0.0008823
297	0.64497			0.6634709	0.0003423
298	0.64724			0.6667633	0.0003812
299	0.64556			0.6700609	0.0006003
300	0.63878			0.6733637	0.001196
					0.110911

Model: $v_2=k*v_1^{**n}$ (Spreadsheet6)		
Dep. var: t(pa) Loss: (OBS-PRED)**2		
Final loss: .110910604 R= .99560 Variance explained: 99.123		
N=300	k	n
Estimate	0.000151	1.473044

Anexo 10. Datos de ajuste plástico de Bingham 80°C – 0.07 mg/L

Tasa de corte	Esfuerzo de corte	t _y	n _B	Eajus	dif ²
1	0.00920	-0.080619	0.002342	-0.07828	0.0076519
2	0.01219			-0.07593	0.0077661
3	0.01451			-0.07359	0.0077612
4	0.01956			-0.07125	0.0082463
5	0.02536			-0.06891	0.0088859
295	0.61748			0.610335	5.105E-05
296	0.63048			0.612677	0.0003169
297	0.64497			0.61502	0.000897
298	0.64724			0.617362	0.0008927
299	0.64556			0.619704	0.0006685
300	0.63878			0.622046	0.00028
					0.299176

Model: $v_2=t_y+n_B*v_1$ (Spreadsheet6)		
Dep. var: t(pa) Loss: (OBS-PRED)**2		
Final loss: .299176040 R= .98810 Variance explained: 97.634		
N=300	t _y	n _B
Estimate	-0.080619	0.002342

Anexo 11. Datos de ajuste Herschel – Bulkley 80°C – 0.07 mg/L

Tasa de corte	Esfuerzo de corte	t_y	n	K_H	Eajus	dif ²
1	0.00920	-0.016287	1.378690	0.000262	-0.01603	0.0006362
2	0.01219				-0.01561	0.0007726
3	0.01451				-0.01509	0.0008761
4	0.01956				-0.01451	0.001161
5	0.02536				-0.01388	0.0015392
295	0.61748				0.650321	0.0010786
296	0.63048				0.653439	0.0005271
297	0.64497				0.65656	0.0001343
298	0.64724				0.659686	0.0001549
299	0.64556				0.662815	0.0002977
300	0.63878				0.665948	0.0007381
						0.1062983

Model: $v_2 = t_y + k_H v_1^{**n}$ (Spreadsheet7)			
Dep. var: t(pa) Loss: (OBS-PRED)**2			
Final loss: .106298258 R= .99579 Variance explained: 99.15%			
N=300	t_y	k_H	n
Estimate	#####	#####	#####

Anexo 12. Datos de ajuste de Casson 80°C – 0.07 mg/L

Tasa de corte	Esfuerzo de corte	t_y	k	Eajus	dif ²
1	0.00920	-0.161238	0.004684	-0.07828	0.0076519
2	0.01219			-0.07593	0.0077661
3	0.01451			-0.07359	0.0077612
4	0.01956			-0.07125	0.0082463
5	0.02536			-0.06891	0.0088859
295	0.61748			0.610335	5.105E-05
296	0.63048			0.612677	0.0003169
297	0.64497			0.61502	0.000897
298	0.64724			0.617362	0.0008927
299	0.64556			0.619704	0.0006685
300	0.63878			0.622046	0.00028
					0.299176

Model: $v_2 = t_y^{**1/2} + k v_1^{**1/2}$ (Spreadsheet6)		
Dep. var: t(pa) Loss: (OBS-PRED)**2		
Final loss: .401140164 R= .98137 Variance explained: 96.30%		
N=300	t_y	k
Estimate	-0.164500	0.004313

Anexo 13. Datos de ajuste Ley de Potencia 40°C – 0.1 mg/L

Tasa de corte	Esfuerzo de corte	k	n	Eajus	dif ²
1	0.005716	9.14901E-05	1.554937	9.149E-05	3.16E-05
2	0.0093			0.0002688	8.16E-05
3	0.014104			0.000505	0.000185
4	0.018817			0.0007898	0.000325
5	0.015905			0.0011175	0.000219
295	0.61419			0.6335649	0.000375
296	0.62129			0.6369076	0.000244
297	0.63497			0.6402565	2.79E-05
298	0.64561			0.6436117	3.99E-06
299	0.64571			0.6469731	1.6E-06
300	0.64386			0.6503408	4.2E-05
					0.093341

Model: $V2=k*v1^{**n}$ (Spreadsheet1)		
Dep. var: t (Pa) Loss: (OBS-PRED)**2		
Final loss: .093340417 R= .99595 Variance explained: 99.191		
N=300	k	n
Estimate	9.100E-05	1.555183

Anexo 14. Datos de ajuste plástico de Bingham 40°C – 0.1 mg/L

Tasa de corte	Esfuerzo de corte	ty	n _B	Eajus	dif ²
1	0.00572	-0.079189	0.002226	-0.07696	0.0068358
2	0.00930			-0.07474	0.0070621
3	0.01410			-0.07251	0.0075021
4	0.01882			-0.07028	0.007939
5	0.01591			-0.06806	0.0070498
295	0.61419			0.577542	0.0013431
296	0.62129			0.579768	0.0017241
297	0.63497			0.581994	0.0028064
298	0.64561			0.58422	0.0037687
299	0.64571			0.586447	0.0035121
300	0.64386			0.588673	0.0030456
					0.3883707

Model: $v2=ty+nB*v1$ (Spreadsheet4)		
Dep. var: t(Pa) Loss: (OBS-PRED)**2		
Final loss: .388370721 R= .98303 Variance explained: 96.634		
N=300	ty	nB
Estimate	-0.079189	0.002226

Anexo 15. Datos de ajuste Herschel – Bulkley 40°C – 0.1 mg/L

Tasa de corte	Esfuerzo de corte	t_y	n	K_H	Eajus	dif ²
1	0.005716	0.001703	1.565621	0.000086	0.001789	1.542E-05
2	0.0093				0.001957	5.391E-05
3	0.014104				0.002183	0.0001421
4	0.018817				0.002456	0.0002677
5	0.015905				0.002771	0.0001725
295	0.61419				0.63412	0.0003972
296	0.62129				0.637479	0.0002621
297	0.63497				0.640845	3.452E-05
298	0.64561				0.644218	1.938E-06
299	0.64571				0.647597	3.559E-06
300	0.64386				0.650982	5.072E-05
						0.0932189

Model: $v_2 = t_y + k_H v_1^{**n}$ (Hershel , 40, 60 y 80°C) Dep. var: t(pa) Loss: (OBS-PRED)**2 Final loss: .093218921 R= .99595 Variance explained: 99.19%			
N=300	t_y	k_H	n
Estimate	0.001703	0.000086	1.565621

Anexo 16. Datos de ajuste Casson 40°C – 0.1 mg/L

Tasa de corte	Esfuerzo de corte	t_y	k	Eajus	dif ²
1	0.00572	-0.158378	0.004452	-0.07696	0.0068358
2	0.00930			-0.07474	0.0070621
3	0.01410			-0.07251	0.0075021
4	0.01882			-0.07028	0.007939
5	0.01591			-0.06806	0.0070498
295	0.61419			0.577542	0.0013431
296	0.62129			0.579768	0.0017241
297	0.63497			0.581994	0.0028064
298	0.64561			0.58422	0.0037687
299	0.64571			0.586447	0.0035121
300	0.64386			0.588673	0.0030456
					0.3883707

Model: $v_2 = t_y^{**1/2} + k^{**v_1^{**1/2}}$ (Spreadsheet2) Dep. var: t(pa) Loss: (OBS-PRED)**2 Final loss: .388370721 R= .98303 Variance explained: 96.63%		
N=300	t_y	k
Estimate	-0.158378	0.004452

Anexo 17. Datos de ajuste Ley de Potencia 60°C – 0.1 mg/L

Tasa de corte	Esfuerzo de corte	k	n	Eajus	dif ²
1	0.00467	6.49914E-05	1.6091911	6.5E-05	2.122E-05
2	0.00677			0.000198	4.314E-05
3	0.00839			0.000381	6.41E-05
4	0.01333			0.000605	0.0001619
5	0.01872			0.000866	0.0003189
295	0.60178			0.612733	0.00012
296	0.60828			0.616079	6.083E-05
297	0.62685			0.619432	5.503E-05
298	0.63829			0.622791	0.0002402
299	0.63394			0.626158	6.056E-05
300	0.62691			0.629531	6.871E-06
					0.0915062

Model: $v_2 = k \cdot v_1^{**n}$ (Spreadsheet1)		
Dep. var: t(Pa) Loss: (OBS-PRED)**2		
Final loss: .091506066 R= .99578 Variance explained: 99.15%		
N=300	k	n
Estimate	0.000065	1.609362

Anexo 18. Datos de ajuste plástico de Bingham 60°C – 0.1 mg/L

Tasa de corte	Esfuerzo de corte	t _y	n _B	Eajus	dif ²
1	0.00467	-0.082250	0.002156	-0.08009	0.007185
2	0.00677			-0.07794	0.007175
3	0.00839			-0.07578	0.007084
4	0.01333			-0.07362	0.007561
5	0.01872			-0.07147	0.008134
295	0.60178			0.553913	0.002291
296	0.60828			0.55607	0.002726
297	0.62685			0.558226	0.004709
298	0.63829			0.560383	0.00607
299	0.63394			0.562539	0.005098
300	0.62691			0.564696	0.003871
					0.40114

Model: $v_2 = t_y + n_B \cdot v_1$ (Spreadsheet6)		
Dep. var: t(pa) Loss: (OBS-PRED)**2		
Final loss: .401140164 R= .98137 Variance explained: 96.30%		
N=300	t _y	n _B
Estimate	-0.082250	0.002156

Anexo 19. Datos de ajuste Herschel – Bulkley 60°C – 0.1 mg/L

Tasa de corte	Esfuerzo de corte	t_y	n	K_H	Eajus	dif ²
1	0.00467	-0.000207	1.607990	0.000065	-0.000141927	2.316E-05
2	0.00677				-7.85205E-06	4.589E-05
3	0.00839				0.000175588	6.743E-05
4	0.01333				0.000400845	0.0001672
5	0.01872				0.000663375	0.0003262
295	0.60178				0.612722258	0.0001197
296	0.60828				0.616066664	6.063E-05
297	0.62685				0.619417947	5.524E-05
298	0.63829				0.622776097	0.0002407
299	0.63394				0.626141106	6.082E-05
300	0.62691				0.629512964	6.775E-06
						0.0915042

Model: $v_2 = t_y + k_H v_1^{**n}$ (Spreadsheet4)			
Dep. var: $t(\text{pa})$ Loss: (OBS-PRED)**2			
Final loss: .091504211 R= .99578 Variance explained: 99.15%			
N=300	t_y	k_H	n
Estimate	-0.000207	0.000065	1.607990

Anexo 20. Datos de ajuste Casson 60°C – 0.1 mg/L

Tasa de corte	Esfuerzo de corte	t_y	k	Eajus	dif ²
1	0.00467	-0.164500	0.004313	-0.08009	0.007185
2	0.00677			-0.07794	0.0071746
3	0.00839			-0.07578	0.0070841
4	0.01333			-0.07362	0.007561
5	0.01872			-0.07147	0.0081345
295	0.60178			0.553913	0.0022912
296	0.60828			0.55607	0.0027259
297	0.62685			0.558226	0.0047092
298	0.63829			0.560383	0.0060696
299	0.63394			0.562539	0.0050981
300	0.62691			0.564696	0.0038706
					0.4011402

Model: $v_2 = t_y^{**1/2} + k v_1^{**1/2}$ (Spreadsheet6)		
Dep. var: $t(\text{pa})$ Loss: (OBS-PRED)**2		
Final loss: .401140164 R= .98137 Variance explained: 96.30%		
N=300	t_y	k
Estimate	-0.164500	0.004313

Anexo 21. Datos de ajuste Ley de Potencia 80°C – 0.1 mg/L

Tasa de corte	Esfuerzo de corte	k	n	Eajus	dif ²
1	0.005692	0.000278	1.336566	0.000278	2.932E-05
2	0.011336			0.000701	0.0001131
3	0.008902			0.001205	5.923E-05
4	0.013618			0.001771	0.0001404
5	0.019231			0.002386	0.0002838
295	0.4937			0.555287	0.003793
296	0.49401			0.557805	0.0040698
297	0.5104			0.560325	0.0024925
298	0.5135			0.562848	0.0024352
299	0.50598			0.565374	0.0035276
300	0.50066			0.567902	0.0045216
					0.1488796

Model: $v_2=k*v_1^{**n}$ (Spreadsheet1)		
Dep. var: t(Pa) Loss: (OBS-PRED)**2		
Final loss: .148879607 R= .99179 Variance explained: 98.36%		
N=300	k	n
Estimate	0.000278	1.336565

Anexo 22. Datos de ajuste plástico de Bingham 80°C – 0.1 mg/L

Tasa de corte	Esfuerzo de corte	t _y	n _B	Eajus	dif ²
1	0.00569	-0.057647	0.001990	-0.05566	0.0037637
2	0.01134			-0.05367	0.0042254
3	0.00890			-0.05168	0.0036697
4	0.01362			-0.04969	0.0040075
5	0.01923			-0.0477	0.0044793
295	0.49370			0.529445	0.0012777
296	0.49401			0.531435	0.0014006
297	0.51040			0.533425	0.0005302
298	0.51350			0.535415	0.0004803
299	0.50598			0.537406	0.0009876
300	0.50066			0.539396	0.0015005
					0.189637

Model: $v_2=t_y+n_B*v_1$ (Spreadsheet8)		
Dep. var: t(pa) Loss: (OBS-PRED)**2		
Final loss: .189636982 R= .98953 Variance explained: 97.91%		
N=300	t _y	n _B
Estimate	-0.057647	0.001990

Anexo 23. Datos de ajuste Herschel – Bulkley 80°C – 0.1 mg/L

Tasa de corte	Esfuerzo de corte	t_y	n	K_H	Eajus	dif ²
1	0.00569	-0.019350	1.236636	0.000503	-0.01885	0.000602
2	0.01134				-0.01816	0.00087
3	0.00890				-0.01739	0.000691
4	0.01362				-0.01656	0.00091
5	0.01923				-0.01567	0.001218
295	0.49370				0.550759	0.003256
296	0.49401				0.553149	0.003497
297	0.51040				0.555542	0.002038
298	0.51350				0.557937	0.001975
299	0.50598				0.560333	0.002954
300	0.50066				0.562732	0.003853
						0.136941

Model: $v_2 = t_y + k_H v_1^{**n}$ (Spreadsheet7)			
Dep. var: t(pa) Loss: (OBS-PRED)**2			
Final loss: .136940857 R= .99245 Variance explained: 98.49%			
N=300	t_y	k_H	n
Estimate	-0.019350	0.000503	1.236636

Anexo 24. Datos de ajuste Casson 80°C – 0.1 mg/L

Tasa de corte	Esfuerzo de corte	t_y	k	Eajus	dif ²
1	0.00569	-0.115294	0.003980	-0.05566	0.0037637
2	0.01134			-0.05367	0.0042254
3	0.00890			-0.05168	0.0036697
4	0.01362			-0.04969	0.0040075
5	0.01923			-0.0477	0.0044793
295	0.49370			0.529445	0.0012777
296	0.49401			0.531435	0.0014006
297	0.51040			0.533425	0.0005302
298	0.51350			0.535415	0.0004803
299	0.50598			0.537406	0.0009876
300	0.50066			0.539396	0.0015005
					0.189637

Model: $v_2 = t_y^{**1/2} + k v_1^{**1/2}$ (Spreadsheet10)		
Dep. var: t(pa) Loss: (OBS-PRED)**2		
Final loss: .189636982 R= .98953 Variance explained: 97.91%		
N=300	t_y	k
Estimate	-0.115294	0.003980

Anexo 25. ANVA y prueba de rangos múltiples para la turbiedad del sobrenadante

Análisis de varianza para turbiedad

Fuente	Gl	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Temperatura	1	2.467	2.467	895.23	0.000
Concentración	1	134.572	134.572	48825.44	0.000
Día	6	304.717	50.786	18426.19	0.000
Temperatura*Concentración	1	10.182	10.182	3694.39	0.000
Temperatura*Día	6	23.44	3.907	1417.44	0.000
Concentración*Día	6	48.112	8.019	2909.36	0.000
Temperatura*Concentración*Día	6	26.948	4.491	1629.54	0.000
Error	140	0.386	0.003		
Total	167	550.825			

Pruebas de múltiples rangos de Tukey para la turbiedad por tratamientos

Tratamiento T1

Día	Casos	Media	Grupos
0	6	99.63	A
1	6	99.35	AB
4	6	99.31	AB
8	6	99.14	B
12	6	98.31	C
16	6	97.98	C
20	6	97.49	D

Tratamiento T2

Día	Casos	Media	Grupos
0	6	99.87	A
1	6	99.77	B
4	6	99.51	C
8	6	99.35	D
12	6	99.05	E
16	6	98.62	F
20	6	97.54	G

Tratamiento T3

Día	Casos	Media	Grupos
0	6	99.49	A
1	6	99.04	B
4	6	98.43	C
8	6	98.07	D
12	6	95.83	E
16	6	95.00	F
20	6	93.57	G

Tratamiento T4

Día	Casos	Media	Grupos
0	6	99.50	A
1	6	97.70	B
4	6	97.34	C
8	6	97.21	D
12	6	96.54	E
16	6	95.40	F
20	6	93.99	G

Anexo 26. ANVA y prueba de rangos múltiples para la turbiedad en el sedimento

Análisis de varianza en el sedimento

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Temperatura	1	15.26	15.26	3421.91	0.000
Concentración	1	2654.4	2654.4	595397.15	0.000
Día	5	2898.9	579.78	130048.21	0.000
Temperatura*Concentración	1	35.57	35.57	7978.85	0.000
Temperatura*Día	5	308.45	61.69	13837.32	0.000
Concentración*Día	5	381.85	76.37	17130.29	0.000
Temperatura*Concentración*Día	5	268.53	53.71	12046.65	0.000
Error	120	0.53	0		
Total	143	6563.49			

Pruebas de múltiples rangos de Tukey para en el sedimento por tratamientos

Tratamiento T1

Dia	Casos	Media	Grupos
12	6	83.66	A
1	6	79.05	B
8	6	79.03	B
16	6	78.90	C
4	6	69.48	D
20	6	67.51	E

Tratamiento T2

Dia	Casos	Media	Grupos
16	6	80.07	A
12	6	80.05	A
20	6	78.25	B
8	6	74.68	C
1	6	74.63	C
4	6	67.91	D

Tratamiento T3

Dia	Casos	Media	Grupos
1	6	74.95	A
12	6	70.74	B
16	6	66.15	C
8	6	66.01	D
20	6	63.64	E
4	6	58.65	F

Tratamiento T4

Dia	Casos	Media	Grupos
12	6	75.14	A
1	6	73.95	B
8	6	69.30	C
20	6	66.38	D
16	6	66.30	D
4	6	58.90	E

Anexo 27. ANVA y prueba de rangos múltiples para potencial zeta

Análisis de varianza para potencial zeta

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Temperatura	1	18.160	18.160	37.930	0.000
Concentración	1	331.188	331.188	691.740	0.000
Día	5	69.184	13.837	28.900	0.000
Temperatura*Concentración	1	2.691	2.691	5.620	0.022
Temperatura*Día	5	76.165	15.233	31.820	0.000
Concentración*Día	5	82.233	16.447	34.350	0.000
Temperatura*Concentración*Día	5	127.709	25.542	53.350	0.000
Error	48	22.981	0.479		
Total	71	730.311			

Pruebas de múltiples rangos de Tukey de potencial zeta por tratamientos

Tratamiento T1

Día	Casos	Media	Grupos
8	3	-20.43	A
1	3	-23.51	B
16	3	-24.01	B
12	3	-24.70	B
20	3	-28.77	C
4	3	-28.90	C

Tratamiento T2

Día	Casos	Media	Grupos
12	3	-22.20	A
8	3	-23.41	AB
20	3	-23.96	BC
1	3	-25.37	CD
4	3	-26.35	D
16	3	-30.28	E

Tratamiento T3

Día	Casos	Media	Grupos
8	3	-24.90	A
20	3	-25.22	A
1	3	-26.08	A
12	3	-26.55	A
16	3	-29.54	B
4	3	-31.21	B

Tratamiento T4

Día	Casos	Media	Grupos
1	3	-25.29	A
4	3	-26.18	A
16	3	-26.42	A
12	3	-29.04	B
8	3	-30.30	B
20	3	-30.66	B

Anexo 28. ANVA y prueba de rangos múltiples para color aparente

Análisis de varianza para color aparente

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Temperatura	1	4	4.000	7.13	0.008
Concentración	1	112272	112272.000	184556.25	0.000
Día	6	459122	76520.000	125786.74	0.000
Temperatura*Concentración	1	2601.000	2601	4275.16	0.000
Temperatura*Día	6	7741.000	1290	2120.74	0.000
Concentración*Día	6	21758	3626.000	5961.05	0.000
Temperatura*Concentración*Día	6	11416.000	1903	3127.76	0.000
Error	140	85	1		
Total	167	614998			

Pruebas de múltiples rangos de Tukey para el color aparente por tratamientos

Tratamiento T1

Día	Casos	Media	Grupos
0	6	192	A
1	6	97	B
4	6	92	C
8	6	84	D
12	6	65	E
16	6	42	F
20	6	33	G

Tratamiento T2

Dia	Casos	Media	Grupos
0	6	262	A
1	6	187	B
4	6	155	C
8	6	125	D
12	6	99	E
16	6	98	E
20	6	95	F

Tratamiento T3

Dia	Casos	Media	Grupos
0	6	269	A
1	6	153	B
4	6	143	C
8	6	135	D
12	6	113	E
16	6	108	F
20	6	45	G

Tratamiento T4

Dia	Casos	Media	Grupos
0	6	192	A
1	6	97	B
4	6	92	C
8	6	84	D
12	6	65	E
16	6	42	F
20	6	33	G

Anexo 29. ANVA y prueba de rangos múltiples para luminosidad L*

Análisis de varianza para L*

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Temperatura	1	0.004	0.004	0.020	0.893
Concentración	1	0.210	0.210	1.060	0.304
Día	6	413.398	68.900	348.580	0.000
Temperatura*Concentración	1	0.400	0.400	2.020	0.157
Temperatura*Día	6	1.336	0.223	1.130	0.350
Concentración*Día	6	3.841	0.640	3.240	0.005
Temperatura*Concentración*Día	6	0.903	0.150	0.760	0.602
Error	140	27.672	0.198		
Total	167	447.763			

Pruebas de múltiples rangos de Tukey para L* por tratamientos

Tratamiento T1

Día	Casos	Media	Grupos
0	6	99.83	A
1	6	99.81	A
4	6	99.81	A
8	6	99.77	A
12	6	99.32	B
16	6	96.38	C
20	6	96.13	C

Tratamiento T2

Día	Casos	Media	Grupos
0	6	99.83	A
1	6	99.78	A
4	6	99.76	A
8	6	99.73	A
12	6	98.90	B
16	6	96.35	C
20	6	96.07	C

Tratamiento T3

Día	Casos	Media	Grupos
-----	-------	-------	--------

0	6	99.75	A
1	6	99.74	A
4	6	99.73	AB
8	6	99.65	BC
12	6	99.57	C
16	6	96.34	D
20	6	95.93	E

Tratamiento T4

Día	Casos	Media	Grupos
0	6	99.82	A
1	6	99.80	A
4	6	99.70	B
8	6	99.60	B
12	6	99.60	B
16	6	96.29	C
20	6	95.89	D

Anexo 30. ANVA y prueba de múltiples rangos para croma a*

Análisis de varianza para a*

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Temperatura	1	0.021	0.021	138.710	0.000
Concentración	1	1.524	1.524	10047.100	0.000
Día	6	6.128	1.021	6733.540	0.000
Temperatura*Concentración	1	0.050	0.050	330.060	0.000
Temperatura*Día	6	0.174	0.029	190.860	0.000
Concentración*Día	6	1.094	0.182	1202.560	0.000
Temperatura*Concentración*Día	6	0.197	0.033	216.080	0.000
Error	140	0.021	0.000		
Total	167	9.208			

Pruebas de múltiples rangos de Tukey para el croma a* por tratamientos

Tratamiento T1

Día	Casos	Media	Grupos
0	6	-0.13	A
1	6	-0.14	AB
4	6	-0.16	B
8	6	-0.16	B
12	6	-0.22	C
16	6	-0.36	D
20	6	-0.63	E

Tratamiento T2

Día	Casos	Media	Grupos
0	6	-0.09	A
1	6	-0.13	B
4	6	-0.13	B
8	6	-0.15	B
12	6	-0.26	C
16	6	-0.31	D
20	6	-0.33	E

Tratamiento T3

Día	Casos	Media	Grupos
0	6	-0.23	A
1	6	-0.24	A
4	6	-0.25	A
8	6	-0.29	B
12	6	-0.32	C
16	6	-0.54	D
20	6	-1.02	E

Tratamiento T4

Día	Casos	Media	Grupos
0	6	-0.24	A
1	6	-0.26	A
4	6	-0.31	B
8	6	-0.31	B
12	6	-0.33	B
16	6	-0.46	C
20	6	-1.07	D

Anexo 31. ANVA y prueba de múltiples rangos para cromas b*

Análisis de varianza para b*

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Temperatura	1	0.070	0.070	28.680	0.000
Concentración	1	10.924	10.924	4499.520	0.000
Día	6	68.469	11.412	4700.220	0.000
Temperatura*Concentración	1	0.001	0.001	0.220	0.639
Temperatura*Día	6	0.038	0.006	2.620	0.019
Concentración*Día	6	1.559	0.260	107.030	0.000
Temperatura*Concentración*Día	6	0.025	0.004	1.690	0.129
Error	140	0.340	0.002		
Total	167	81.425			

Pruebas de múltiples rangos de Tukey para el croma b* por tratamientos

Tratamiento T1

Día	Casos	Media	Grupos
0	6	2.30	A
1	6	1.25	B
4	6	0.73	C
8	6	0.70	CD
12	6	0.68	CD
16	6	0.63	DE
20	6	0.58	E

Tratamiento T2

Día	Casos	Media	Grupos
0	6	2.27	A
1	6	1.29	B
4	6	0.75	C
8	6	0.73	C
12	6	0.73	C
16	6	0.72	C
20	6	0.64	D

Tratamiento T3

Día	Casos	Media	Grupos
0	6	3.15	A

1	6	1.70	B
4	6	1.32	C
8	6	1.22	D
12	6	1.14	E
16	6	1.03	F
20	6	0.85	G

Tratamiento T4

Día	Casos	Media	Grupos
0	6	3.19	A
1	6	1.72	B
4	6	1.34	C
8	6	1.32	C
12	6	1.15	D
16	6	1.05	DE
20	6	0.95	E

Anexo 32. ANVA y prueba de múltiples rangos para el índice de color

Análisis de varianza para IC*

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Temperatura	1	0.270	0.273	2.750	0.108
Concentración	1	340.400	340.404	3425.440	0.000
Día	6	3424.880	570.814	5744.020	0.000
Temperatura*Concentración	1	0.980	0.984	9.900	0.004
Temperatura*Día	6	5.550	0.926	9.320	0.000
Concentración*Día	6	502.260	83.710	842.370	0.000
Temperatura*Concentración*Día	6	2.180	0.363	3.650	0.008
Error	28	2.780	0.099		
Total	55	4279.320			

Pruebas de múltiples rangos de Tukey para el índice de color por tratamientos

Tratamiento T1

Día	Casos	Media	Grupos
-----	-------	-------	--------

0	2	-0.78	A
1	2	-0.95	A
4	2	-0.98	A
8	2	-1.10	A
12	2	-1.61	A
16	2	-4.62	B
20	2	-15.15	C

Tratamiento T2

Dia	Casos	Media	Grupos
0	2	-0.69	A
1	2	-0.85	AB
4	2	-0.97	AB
8	2	-1.04	B
12	2	-2.26	C
16	2	-3.46	D
20	2	-15.04	E

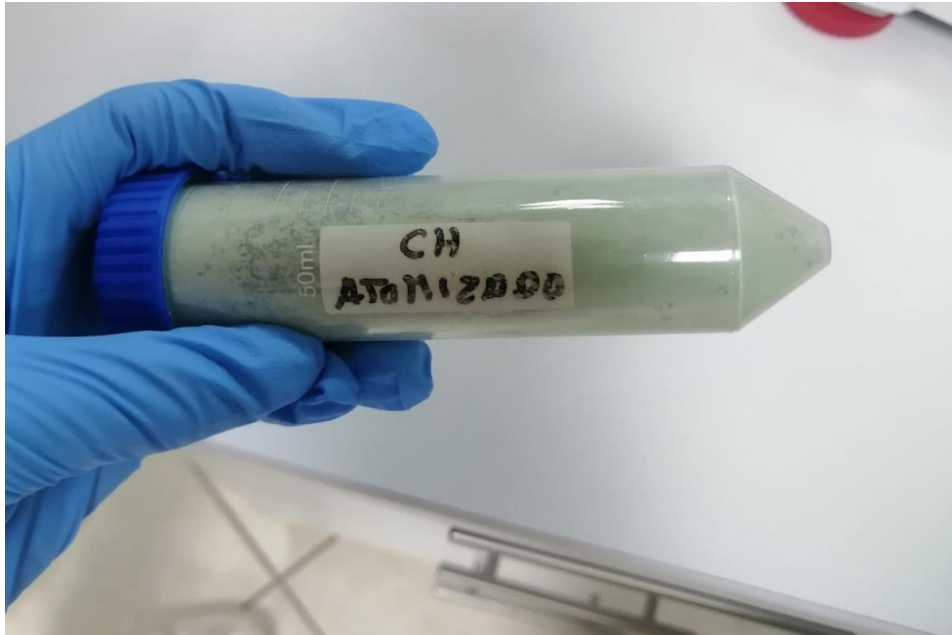
Tratamiento T3

Dia	Casos	Media	Grupos
0	2	-2.01	A
1	2	-2.61	A
4	2	-3.06	A
8	2	-3.55	A
12	2	-3.66	A
16	2	-9.45	B
20	2	-33.51	C

Tratamiento T4

Dia	Casos	Media	Grupos
0	2	-2.3192	A
1	2	-2.728	AB
4	2	-3.738	BC
8	2	-4.101	BC
12	2	-4.189	C
16	2	-8.163	D
20	2	-35.448	E

Anexo 33. Hidrocoloide atomizado de *Nostoc Sphaericum*



Anexo 34. Preparación de las muestras de la suspensión del hidrocoloide

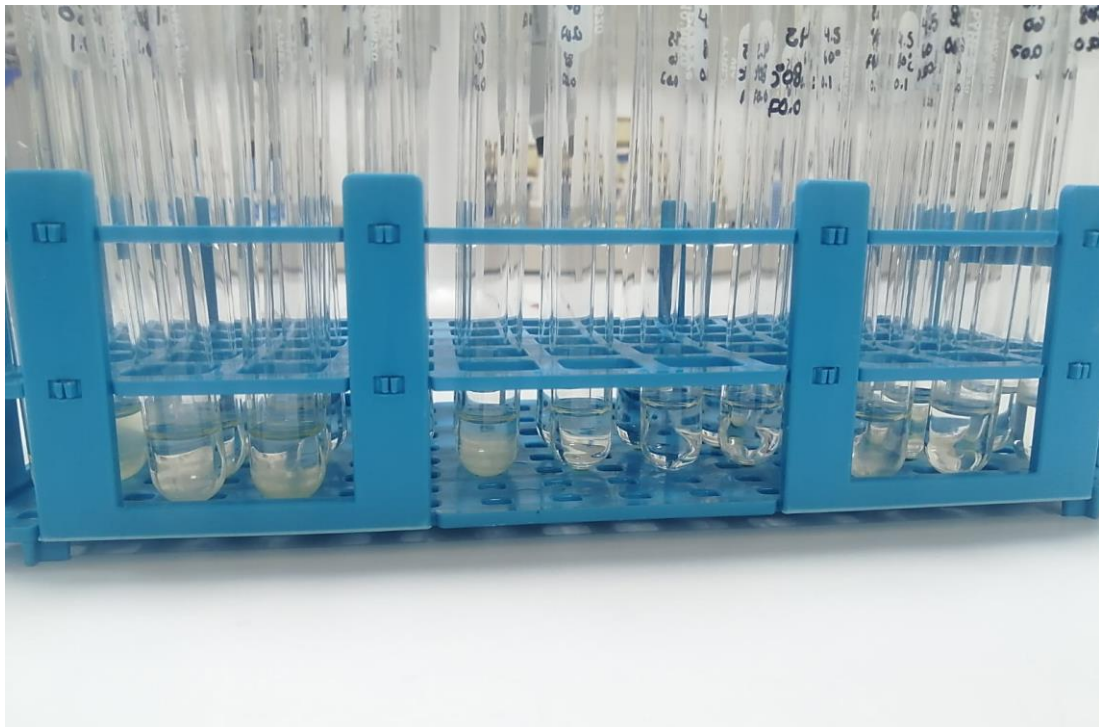




Anexo 35. Muestras de la suspensión para la medida de la turbiedad del sobrenadante



Anexo 36. Muestras de la suspensión para la medida de la turbiedad en el sedimento



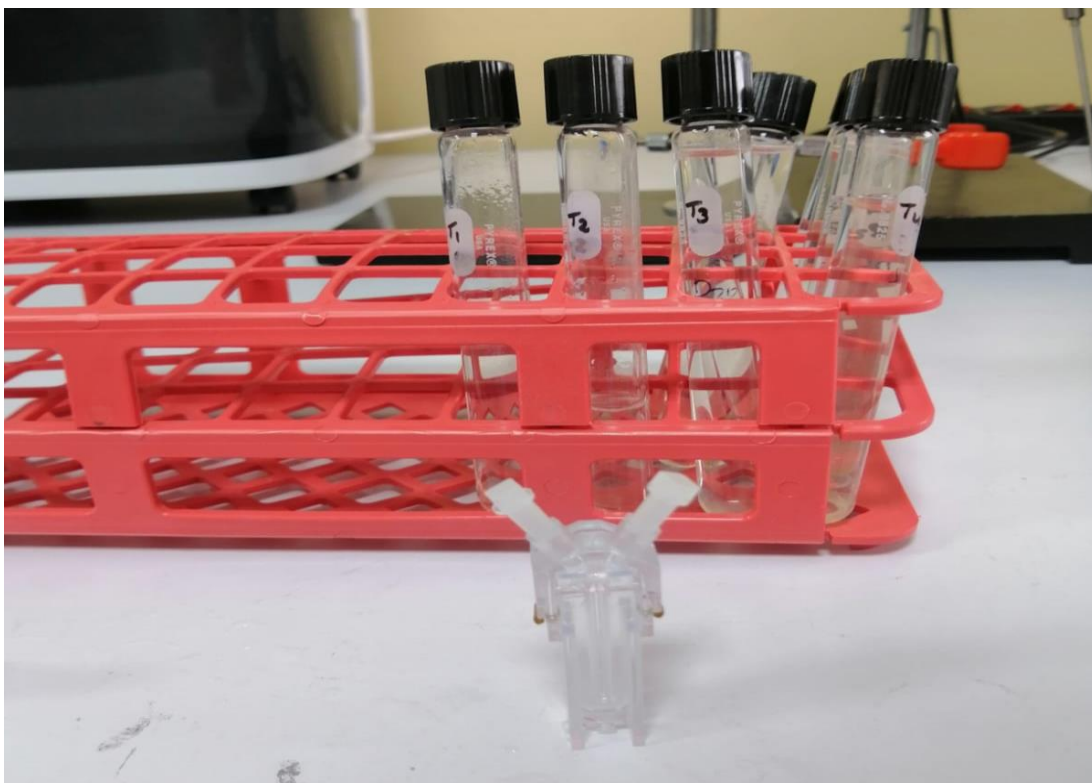
Anexo 37. Lectura del color de la suspensión



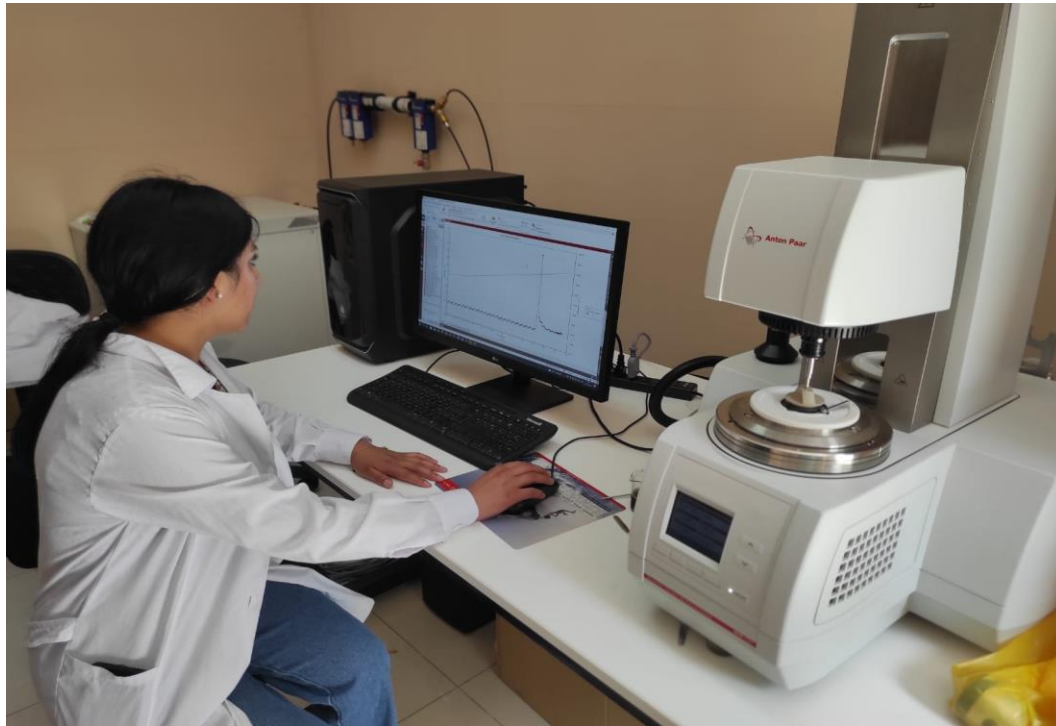
Anexo 38. Lecturas espectrofotométricas



Anexo 39. Medida del potencial zeta



Anexo 40. Determinación del comportamiento reológico



Anexo 41. Matriz de consistencia

Problema		Objetivo	Hipótesis	Variables	Indicador	Técnica
G1	¿Cuál serán los efectos de la temperatura y concentración en el comportamiento reológico, estabilidad y color de suspensiones de un hidrocoloide atomizado de <i>Nostoc Sphaericum</i> ?	Determinar los efectos de temperatura y concentración en la evaluación del comportamiento reológico, estabilidad y color de suspensiones de un hidrocoloide atomizado de <i>Nostoc Sphaericum</i>	El comportamiento reológico, estabilidad y color de suspensiones de un hidrocoloide atomizado de <i>Nostoc Sphaericum</i> mejoraran con la temperatura y concentración.	Temperatura	°C	Termometría
				Concentración	mg/L	Gravimetría
E1	¿Cuál será el efecto de la temperatura y concentración en el comportamiento reológico de suspensiones con hidrocoloide atomizado de <i>Nostoc</i> ?	Determinar el efecto de la temperatura y concentración en el comportamiento reológico de suspensiones con hidrocoloide atomizado de <i>Nostoc</i> .	La temperatura y la concentración influyen en los valores de índice de comportamiento de flujo e índice de consistencia asociados a suspensiones de un hidrocoloide atomizado de <i>Nostoc</i> .	comportamientos reológicos	Índice de consistencia Índice de comportamiento de flujo	Reología
E2	¿Cuál será el efecto de la temperatura y concentración en el comportamiento de la estabilidad de suspensiones con hidrocoloide atomizado de <i>Nostoc</i> ?	Determinar el efecto de la temperatura y concentración en el comportamiento de la estabilidad de suspensiones con hidrocoloide atomizado de <i>Nostoc</i> .	La temperatura y la concentración mejoraran en la estabilidad del hidrocoloide atomizado de <i>Nostoc</i> .	Estabilidad	Turbiedad Sedimento Color aparente Barrido UV Potencial zeta	Transmitancia Absorbancia
E3	¿Cuál será el efecto de la temperatura y concentración en el color de suspensiones con hidrocoloide atomizado de <i>Nostoc</i> ?	Determinar el efecto de la temperatura y concentración en el color de suspensiones con hidrocoloide atomizado de <i>Nostoc</i> .	La temperatura y la concentración influyen sobre el color en suspensiones de un hidrocoloide atomizado de <i>Nostoc</i> .	Índice de color	L*a*b	Colorimetría

