



UNS
ESCUELA DE
POSTGRADO

“Optimización de la extracción mecánica, comportamiento reológico y actividad antioxidante de hidrocoloides de hojas de *Malva sylvestris*”

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE DOCTOR
EN INGENIERÍA DE ALIMENTOS**

Autor:

Mg. JORGE MARINO DOMINGUEZ CASTAÑEDA

Asesor:

Dr. GILBERT RODRIGUEZ PAUCAR

**NUEVO CHIMBOTE - PERÚ
2020**



UNS
ESCUELA DE
POSTGRADO

HOJA DE COFORMIDAD DEL ASESOR

Yo, **GILBERT NILO RODRIGUEZ PAUCAR**, mediante la presente certifico mi asesoramiento de la Tesis de Doctorado titulada: "**Optimización de la extracción mecánica, comportamiento reológico y actividad antioxidante de hidrocoloides de hojas de *Malva sylvestris***", elaborada por el Mg. **JORGE MARINO DOMINGUEZ CASTAÑEDA**, para obtener el Grado Académico de **Doctor en Ingeniería de Alimentos** en la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Santa.

Nuevo Chimbote, 17 de Agosto del 2020

.....
Dr. GILBERT NILO RODRIGUEZ PAUCAR
ASESOR



HOJA DE CONFORMIDAD DEL JURADO EVALUADOR

“Optimización de la extracción mecánica, comportamiento reológico y actividad antioxidante de hidrocoloides de hojas de *Malva sylvestris*”.

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE DOCTOR EN
INGENIERÍA DE ALIMENTOS**

Revisado y Aprobado por el Jurado Evaluador:

.....
Dra. ELZA BERTA AGUIRRE VARGAS
PRESIDENTE

.....
Dr. VICTOR AUGUSTO CASTRO ZAVALA
SECRETARIO

.....
Dr. ROMULO EUGENIO LOAYZA AGUILAR
VOCAL



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega:	Jorge Dominguez Castañeda
Título del ejercicio:	informe de tesis
Título de la entrega:	Optimización de la extracción mecani....
Nombre del archivo:	INFORME_TESIS_FINAL.pdf
Tamaño del archivo:	1.13M
Total páginas:	131
Total de palabras:	25,917
Total de caracteres:	130,916
Fecha de entrega:	29-jul-2020 09:27p.m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega:	1363838765

INTRODUCCIÓN

En la actualidad es de interés mundial la búsqueda de fuentes naturales que brinden bondades a favor de la salud, conocidos como alimentos funcionales. En este contexto, en la selva peruana, encontramos a la *Mulva sylvestris*, que la población, de sus hojas, mediante inmersión en agua templada y estrujado manual, extrae hidrocoloides, estos polímeros según afirma Gimeno (2000), por sus propiedades son usados tradicionalmente en forma de emoliente contra la inflamación renal, dolor de estómago, hinchazones y estreñimiento, convirtiéndolos un prospectivo futuro en el campo de medicina natural, sin embargo, no se conoce con certeza, una metodología para extraer con máximo rendimiento los hidrocoloides y tampoco su composición química, propiedades reológicas y actividad antioxidante que permita definir su aplicación. Por ello, el tema de la extracción, comportamiento reológico y actividad antioxidante de los hidrocoloides presentes dichas hojas. Estas sustancias, conocidos como gomas o mucilagos, son polisacáridos de alto peso molecular, de cadenas largas, lineales y ramificadas, con alto número de grupos hidroxilos, que les confieren tener alta afinidad y capacidad para retener moléculas de agua y producir partículas coloidales (Angiolini, 2013). Por sus propiedades funcionales como viscosidad, espesantes, gelificantes y estabilizantes, modifica la reología de sistemas alimentarios y otros, razón que son usados ampliamente en la industria alimentaria, cosmética y farmacia (Kacwamane *et al.*, 2014), además, los extractos de hojas en solución debido al contenido de polifenoles poseen actividad antioxidante (Dipak, 2016).

Para la extracción, el método sólido-líquido es el más utilizado, que implica separar uno o varios constituyentes solubles contenidos en un sólido inerte mediante solventes (Geankoplis, 1998). En este proceso influyen factores como la relación materia prima-

1

DEDICATORIA

A Dios, por ser guía y fortaleza de los pasos que camino cada día de mi existencia y que permitió alcanzar este logro tan anhelado.

A mis padres Jorge y Flora que están en el reino de Dios y que supieron inculcarme por el sendero correcto de la vida.

A mi amada esposa Silvia, por su apoyo y ánimo que me brinda día con día para alcanzar nuevas metas, tanto profesionales como personales.

A mis adorados hijos Jorge y Camila que llegaron para inspirarme y ser la razón de seguir adelante.

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento sincero y perdurable:

Al **Dr. Gilbert Rodriguez Paucar**, como asesor del presente trabajo.

A los ingenieros y amigos **John Gonzales Capcha** y **Lenin Palacios Ambrocio**, por su colaboración en la realización del presente trabajo.

INDICE

	Pág.
CONFIRMIDAD DE ASESOR.....	ii
CONFORMIDAD DEL JURADO EVALUADOR	iii
TURNITING.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
INDICE.....	vii
INDICE DE CUADROS.....	xi
LISTA DE FIGURAS.....	xii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I	3
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.1 Planteamiento y fundamentación del problema de investigación.....	3
1.2 Antecedentes de la investigación.....	6
1.2.1 En extracción de hidrocoloides.....	6
1.2.2 En actividad antioxidante de hidrocoloides.....	9
1.2.3 En comportamiento reológico de hidrocoloides.....	10
1.3 Formulación del problema de investigación.....	12
1.4 Delimitación del estudio.....	12
1.5 Justificación e importancia de la investigación.....	13
1.6 Objetivos de la investigación.....	15
CAPITULO II.....	16
MARCO TEÓRICO.....	16
2.1 Fundamento teórico de la investigación.....	16
2.1.1 Malva (<i>Malva silvestris</i> L).....	16
2.1.2 Propiedades de la malva.....	16

2.1.3	Hidrocoloides.....	18
2.1.4	Estructura y composición química de los hidrocoloides.....	20
2.1.5	Propiedades reológicas de los hidrocoloides.....	21
2.1.6	Métodos de extracción de hidrocoloides.....	23
2.1.7	Factores que afectan la extracción de los hidrocoloides.....	24
2.2	Marco conceptual.....	27
2.2.1	Reología.....	27
2.2.2	Comportamiento reológico.....	27
2.2.3	Antioxidante.....	28
2.2.4	Actividad antioxidante.....	30
2.2.5	Radicales libres.....	31
2.2.6	Polifenoles.....	32
2.2.7	Métodos y Fundamento para determinar actividad antioxidante.....	34
CAPITULO III.....		36
MARCO METODOLÓGICO.....		36
3.1	Hipótesis central de la investigación.....	36
3.2	Variables e indicadores de la investigación.....	37
3.2.1	Extracción de hidrocoloides.....	37
3.2.2	Comportamiento reológico de hidrocoloides.....	38
3.2.3	Actividad Antioxidante.....	39
3.3	Métodos de la investigación.....	39
3.4	Diseño de la investigación.....	41
3.4.1	Diseño en la extracción de hidrocoloides.....	42
3.4.2	Del comportamiento reológico.....	44
3.4.3	De la actividad antioxidante.....	46
3.5	Población y muestra.....	48
3.5.1	Población.....	48
3.5.2	Muestra.....	48
3.6	Actividades del proceso investigativo.....	49
3.6.1	En la extracción de hidrocoloides.....	49

3.6.2	En la optimización de la hidratación para la extracción de hidrocoloides...	53
3.6.3	Optimización de la solubilidad en la extracción de hidrocoloides.....	53
3.6.4	Evaluación del comportamiento reológico.....	54
3.6.5	Evaluación de la actividad antioxidante.....	55
3.7	Técnicas e instrumentos de la investigación.....	56
3.7.1	Técnicas.....	56
3.7.2	Instrumentos.....	57
3.8	Procedimiento para la recolección de datos.....	58
3.8.1	Determinación de las medidas de longitud y peso de las hojas de malva...	58
3.8.2	Determinación del análisis proximal de las hojas de malva en polvo.....	58
3.8.3	Determinación del rendimiento (%) de la extracción en hidrocoloides... de las hojas de malva.	59
3.8.4	Evaluación del comportamiento reológico de los hidrocoloides.....	59
3.8.5	Actividad antioxidante de los hidrocoloides.....	61
3.8.6	Polifenoles Totales.....	64
3.9	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	65
CAPITULO IV.....		66
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		66
4.1	Características físicas y morfológicas de las hojas de Malva sylvestris.....	66
4.2	Análisis químico proximal de hojas en polvo de Malva sylvestris.....	67
4.3	Hidratación de hojas de Malva sylvestris.....	68
4.4	Solubilización mediante estrujado mecánico.....	70
4.5	Evaluación del rendimiento.....	71
4.6	Optimización de la hidratación en la extracción.....	72
4.7	Validación del modelo.....	77
4.8	Comportamiento reológico.....	79
4.8.1	Reología de hidrocoloides según concentración y temperatura.....	79
4.8.2	Análisis estadístico de la reología de hidrocoloides.....	82
4.8.3	Cinética de variación del índice de consistencia de hidrocoloides.....	85
4.9	Determinación de la Actividad antioxidante de los hidrocoloides.....	87

4.9.1 Contenido Polifenoles Totales – Método de Folin-Ciocalteu.....	87
4.9.2 Captación de radicales DPPH.....	88
CAPITULO V.....	90
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	90
5.1 Conclusiones.....	90
5.2 Recomendaciones.....	91
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	92
ANEXOS.....	103

INDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Condiciones de lixiviación en la extracción de hidrocoloides.....	23
Cuadro 2. Operacionalización de variables en la hidratación.....	37
Cuadro 3. Operacionalización de variables en la solubilización.....	38
Cuadro 4. Operacionalización de variables en el comportamiento reológico.....	38
Cuadro 5. Operacionalización de variables en la actividad antioxidante.....	39
Cuadro 6. Variables independientes en la extracción de hidrocoloides.....	42
Cuadro 7. Disposición de los ensayos según variables codificadas.....	42
Cuadro 8. Disposición de los ensayos según valores reales de variables.....	43
Cuadro 9. ANAVA para evaluar hidratación en la extracción de hidrocoloides.....	44
Cuadro 10. ANAVA para Índice de consistencia según concentración y temperatura	46
Cuadro 11. ANAVA para el efecto de temperatura en la actividad antioxidante.....	48
Cuadro 12. Caracterización morfológica de hojas de Malva sylvestris.....	66
Cuadro 13. Composición química proximal/100g de hojas en polvo.....	67
Cuadro 14. ANAVA para rendimiento (%) en extracción según hidratación.....	72
Cuadro 15. ANAVA para rendimiento (%) en extracción según hidratación.....	74
Cuadro 16. Prueba de comparación de medias-Tukey (5%) para rendimiento.....	75
Cuadro 17. Valores experimentales y predichos en extracción de hidrocoloides.....	78
Cuadro 18. Parámetros reológicos de hidrocoloides según temperatura y concentración	80
Cuadro 19. ANAVA para Índice de Consistencia según temperatura y concentración	83
Cuadro 20. Comparación de medias - Tukey para Índice de Consistencia (k).....	85
Cuadro 21. Parámetros cinéticos para el Índice de Consistencia de hidrocoloides.....	86

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Modelo de la estructura de los polisacáridos en la pared celular.....	19
Figura 2. Estructura química de un hidrocoloide.....	20
Figura 3. Estructura química del Trolox.....	30
Figura 4. Estructura química de Radical DPPH.....	32
Figura 5. Estructura química del ácido gálico.....	34
Figura 6. Reacción entre ácido gálico y el reactivo Folin-Ciocalteu.....	35
Figura 7. Etapas del proceso de investigación.....	41
Figura 8. Disposición experimental para la evaluación reológica.....	45
Figura 9. Disposición experimental para la actividad antioxidante.....	47
Figura 10. Proceso para extraer hidrocoloides de hojas de <i>Malva sylvestris</i>	52
Figura 11. Esquema experimental para el comportamiento reológico.....	54
Figura 12. Esquema experimental para la evaluación de actividad antioxidante.....	55
Figura 13. Diagrama de flujo para evaluar el comportamiento reológico.....	60
de hidrocoloides	
Figura 14. Morfología de la hoja de <i>Malva sylvestris</i>	67
Figura 15. Densidad en la hidratación de hidrocoloides según solvente/soluto.....	69
Figura 16. Fases durante la hidratación según solvente/soluto.....	69
Figura 17. Hidrocoloides (g) según velocidad y tiempo de expresión.....	71
Figura 18. Rendimiento (%p/p) de hidrocoloides según relación solvente/soluto.....	73
y tiempo de hidratación durante la extracción	

Figura 19. Rendimiento (%p/p) de hidrocoloides según relación solvente/soluto....	76
y tiempo de hidratación durante la extracción	
Figura 20. Rendimiento según solvente/soluto y tiempo de hidratación.....	77
Figura 21. Reograma de hidrocoloides al 0.7%(p/v) a 20, 30 y 40°C.....	81
Figura 22. Reograma de hidrocoloides al 1.4%(p/v) a 20, 30 y 40°C.....	81
Figura 23. Reograma de hidrocoloides al 2.1%(p/v) a 20, 30 y 40°C.....	82
Figura 24. Índice de consistencia según Ecuación de Arrhenius.....	86
Figura 25. Polifenoles Totales en Hidrocoloides de Malva Sylvestris.....	88
Figura 26. Capacidad de los Hidrocoloides de Malva Sylvestris por captar.....	89
radicales DPPH según temperatura	

“Optimización de la extracción mecánica, comportamiento reológico y actividad antioxidante de hidrocoloides de hojas de Malva sylvestris”

RESUMEN

Se optimizaron las condiciones de extracción mecánica de hidrocoloides de hojas de Malva sylvestris y determinó el comportamiento reológico y actividad antioxidante. Las hojas fueron hidratadas en 15, 20 y 25 g de agua/g de polvo, por 30, 60 y 90 min, luego solubilizadas por expresión mediante paletas a presión de 53 db y 424, 508 y 592 mov/min por 60, 120 y 180 s. La reología en soluciones al 0,7, 1,4 y 2,1% (p/v) a 20, 30 y 40 °C se efectuó con reómetro y la actividad antioxidante a 20, 40, 60 y 80 °C se realizó cuantificando polifenoles totales y captación de radicales libres con los métodos de Folin-Ciocalteu y DPPH respectivamente. Del estudio se concluye, que para obtener rendimiento máximo en la extracción de 19,21% (p/p), las condiciones óptimas se ajustaron a modelo de segundo orden con hidratación de 25 g de agua/g de polvo por 30 min y solubilización a 592 mov/min por 180s. Los reogramas obedecieron al modelo de Ostwald, mostrando los hidrocoloides ser fluidos pseudoplásticos. Los polifenoles totales (mg AGE / 100 g muestra) de 20 a 80 °C, disminuyó de 131,17 a 78,87 y la captación de radicales libres DPPH (mM Trolox / g muestra) de 60 a 80 °C decreció de 0,422 a 0,298.

Palabras clave: extracción mecánica; hidrocoloide; reología; actividad antioxidante.

"Optimization of mechanical extraction, rheological behavior and antioxidant activity of *Malva sylvestris* leaf hydrocolloids"

ABSTRACT

The mechanical extraction conditions of *Malva sylvestris* leaf hydrocolloids were optimized and determined rheological behavior and antioxidant activity. The leaves were hydrated in 15, 20 and 25 g of water/g of powder, for 30, 60 and 90 min, then solubilized by expression by 53 db and 424, 508 and 592 mov/min by 60, 120 and 180 s. Rheology in solutions at 0.7, 1.4 and 2.1% (w/v) at 20, 30 and 40°C was carried out with rheometer and antioxidant activity at 20, 40, 60 and 80°C was performed by quantifying total polyphenols and uptake of free radicals with the methods of Folin-Ciocalteu and DPPH respectively. The study concludes that to obtain maximum extraction yield of 19.21% (w/w), the optimal conditions were adjusted to second order model with hydration of 25 g of water/g of dust for 30 min and solubilization at 592 mov/min for 180s. The reograms obeyed Ostwald's model, showing hydrocolloids to be pseudoplastic fluids. Total polyphenols (mg AGE / 100 g sample) from 20 to 80°C, decreased from 131.17 to 78.87 and the uptake of free radicals DPPH (mM Trolox / g sample) from 60 to 80°C decreased from 0.422 to 0.298.

Keywords: mechanical extraction; hydrocolloid; rheology; antioxidant activity.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad es de interés mundial la búsqueda de fuentes naturales que brinden bondades a favor de la salud, conocidos como alimentos funcionales. En este contexto, en la selva peruana, encontramos a la *Malva sylvestris*, que la población, de sus hojas, mediante inmersión en agua temperada y estrujado manual, extrae hidrocoloides, estos polímeros según afirma Gimeno (2000), por sus propiedades son usados tradicionalmente en forma de emoliente contra la inflamación renal, dolor de estómago, hinchazones y estreñimiento, confiriéndoles un promisorio futuro en el campo de medicina natural, sin embargo, no se conoce con certeza, una metodología para extraer con máximo rendimiento los hidrocoloides y tampoco su composición química, propiedades reológicas y actividad antioxidante que permita definir su aplicación. Por ello, el tema de la extracción, comportamiento reológico y actividad antioxidante de los hidrocoloides presentes en dichas hojas. Estas sustancias, conocidos como gomas o mucilagos, son polisacáridos de alto peso molecular, de cadenas largas, lineales y ramificadas, con alto número de grupos hidroxilos, que les confieren tener alta afinidad y capacidad para retener moléculas de agua y producir partículas coloidales (Angiolini, 2013). Por sus propiedades funcionales como viscosidad, espesantes, gelificantes y estabilizantes, modifican la reología de sistemas alimentarios y otros, razón que son usados ampliamente en la industria alimentaria, cosmética y farmacia (Kaewmanee *et al.*, 2014), además, los extractos de hojas en solución debido al contenido de polifenoles poseen actividad antioxidante (Dipak, 2016).

Para la extracción, el método sólido-líquido es el más utilizado, que implica separar uno o varios constituyentes solubles contenidos en un sólido inerte mediante solventes (Geankoplis, 1998). En este proceso influyen factores como la relación materia prima-

solvente, tiempo de maceración, tamaño de partículas, tipo de solvente, la temperatura y agitación (Ibarz y Barboza-Canovas, 2005). La etapa crítica para extraer es la solubilización del hidrocoloide, que se realiza mediante agitación mecánica y/o sonicación y es directamente proporcional al rendimiento del mucílago (Marín *et al.*, 2008). Para extraer hidrocoloides de hojas de *Malva sylvestris* con rendimiento de $8.37 \pm 0.38\%$, Samavati y Manoochehrizade (2013) establecieron las condiciones óptimas con: 90°C , tiempo de extracción: 4 h, el número de extracciones: 2 y la proporción de agua a materia prima: 21:1. Otros métodos, usan insumos químicos como solventes orgánicos (acetona, etanol y tolueno), ácidos y bases fuertes (ácido sulfúrico e hidróxido de sodio), así como altos niveles de energía calorífica (inmersión por arriba de 70°C), que influyen en la degradación de sus componentes (Villano, 2016; Hernández, 2016 y Badui, 2006), razón que el objetivo en el presente estudio, fue optimizar las condiciones de extracción de hidrocoloides de hojas de *Malva sylvestris* por expresión mecánica con máximo rendimiento y determinar su comportamiento reológico y actividad antioxidante.

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento y fundamentación del problema de investigación

En la selva peruana como de otros países del mundo, en riberas, caminos, campos y suburbios de los pueblos, gracias a las condiciones climatológicas de humedad, temperatura y suelo, que favorecen a la propagación espontánea y crecimiento de plantas, se encuentra la *Malva sylvestris* (Condori, 2004). La *M. sylvestris* perteneciente a la familia de las Malváceas, es una planta perenne o bianual, originaria de zonas con climas templados de África, Europa y Asia, alcanza una altura de 30 a 70cm de alto aproximadamente, el tallo posee gran cantidad de vellosoidad o pelos que le dan una textura áspera y se mantiene erguido, sus hojas son simples y alternas de color verde y tienen nervaduras en su contorno que le dan un aspecto distintivo. La *M. sylvestris*, con potencial medicinal, pocas personas la conocen y carece de atención tecnológica para manejarlo agronómicamente e impulsarlo como alternativa de nuevo cultivo con bondades a favor de la humanidad. De las hojas de Malva recolectadas en el momento álgido de su floración, tradicionalmente, la población extraen mediante estrujado manual por inmersión en agua corriente, sus principales componentes bioquímicos que son los hidrocoloides (Gimeno, 2000), sin embargo, bajo esta modalidad, los niveles de extracción son bajos, gran cantidad de hidrocoloides, quedan retenidos dentro de la estructura celular así como en la superficie foliar, del mismo.

Los hidrocoloides conocidos como gomas, actualmente a nivel mundial, por ser ingredientes de alta funcionalidad han revolucionado a la industria alimentaria, encontrándose en los mercados de acuerdo a su origen de forma sintética, semisintética y

naturales y de estos, debido a que los consumidores se han vuelto más conscientes por su salud, los naturales, son los preferidos. Por otro lado, se observa que estos hidrocoloides presentan comportamiento coloidal con cierta viscosidad y poder antioxidante, que aún no se conoce con precisión, si se ven o no afectado por influencia de la concentración y temperatura durante sus aplicaciones.

Con respecto a la extracción, diversas investigaciones reportan que para extraer hidrocoloides a partir de hojas y semillas de diferentes plantas, la lixiviación, es el método más utilizado y eficiente. Sin embargo, la lixiviación como proceso de transferencia de masa, pasa por las etapas de hidratación y solubilización que pueden ser optimizados para lograr un máximo rendimiento, estas, se ven influenciadas, por el tipo de solvente, la temperatura y el tamaño de partícula. La hidratación, gracias a la afinidad de los hidrocoloides para con las moléculas de agua, se presenta este elemento, como alternativa de solvente a emplearse, debiéndose definir la proporcionalidad entre solvente y soluto, asimismo, una variable importante es el tiempo de hidratación, toda vez que las moléculas de agua suficientes a ser fijadas, se lograría en un tiempo determinado, y por arriba influenciaría negativamente en el rendimiento. Luego de la hidratación, se deben desprender los hidrocoloides de la estructura celular, para esto, se vienen aplicando técnicas de solubilización que involucran el empleo de altos niveles de energía, ácidos y bases fuertes, ultrasonido, entre otros, con bajos niveles de rendimiento, en relación a esto, aparece la técnica de la expresión mecánica como nueva alternativa de solubilización, el cual, a través de martillos tipo placas, podrían ejercer cierta presión sobre las células y así provocar incisiones por donde migrarían fácilmente los hidrocoloides en forma de fluidos,

sin embargo, no se conoce la velocidad y tiempo óptimo de aplicación de dichos martillos que permitan maximizar la extracción.

Con respecto al comportamiento reológico, los hidrocoloides imparten viscosidad, como tal, actúan como gelificantes, espesantes, emulsionantes y estabilizantes, gracias al entrelazamiento no específico entre las cadenas de los polímeros (Torres *et al.*, 2012), por ello, son aplicados en los sectores de la industria cárnica, láctea, postres, helados, salsas, panadería y bollería. Los hidrocoloides dependiendo de la fuente de origen, tienen comportamiento reológicos diferentes, para el caso de los extraídos de la hoja de *Malva sylvestris*, no se conoce, que esfuerzos cortante producen frente a variaciones de velocidades de deformación, cuando estos se encuentran sometidos a ciertas concentraciones y temperaturas, sabiendo que ambos factores influyen en la movilidad del agua y en la viscosidad, los cuales, van a modificar y/o controlar las propiedades de flujo y la textura de alimentos fluidos, es decir, que tienen la capacidad de modificar la reología de los sistemas alimentarios (Angiolini, 2013). Por otro lado, la viscosidad varía fuertemente en función de la temperatura, pudiendo variar hasta 10% por cada grado centígrado de variación según manifiesta (Zeki, 2013).

Con respecto a la actividad antioxidante de los hidrocoloides de las hojas de *M. sylvestris*, no se cuenta con la información que precise el poder antioxidante y la variación frente a los altos niveles de calor expuestos, conociendo que las sustancias y atributos sensoriales como el color, se ven afectados a determinadas temperaturas.

1.2 Antecedentes de la investigación

Classen y Blaschek (1998) refrendado por Badui (2006) definen a los hidrocoloides como polisacáridos con más de 10 monosacáridos (glucosa, galactosa, ramnosa, arabinosa, manosa, xilosa, etc.), unidos por enlaces glucosídicos (α y β), constituidos por C, H y O; debido a la alto número de grupos hidroxilos (-OH), pueden interactuar mediante enlaces electrostáticos o puentes de hidrogeno y tener la capacidad de retener agua y producir partículas coloidales. Forman parte de la fibra cruda y su hidrolisis depende del pH, la temperatura, el tipo de enlace glucosídico y la presencia de grupos voluminosos de sulfatos que le confieren estabilidad, sin embargo, son muy sensibles a los ácidos (Angiolini, 2013). Antiguamente los hidrocoloides o gomas eran exclusivamente referidas a la exudación de algunas plantas, en la actualidad abarca un grupo amplio de polisacáridos de alto peso molecular, con capacidad de formar líquidos espesantes, gelificantes y de poseer propiedades funcionales de emulsificantes y estabilizantes (Badui, 2006). Debido a las características y propiedades similares, diversos autores clasifican en gomas naturales, semisintéticas y sintéticas. Semisintéticas por que se obtiene de una goma natural sometido a transformaciones física-química como los almidones modificados mediante ácidos orgánicos utilizados en la elaboración de materiales biodegradables (Peñaranda *et al.*, 2008). Las sintéticas, polímeros vinílicos y acrílicos derivados del polietileno que hasta la fecha no están aprobados para el consumo humano y sirven para obtener plásticos como poliestireno y polipropileno utilizados en la obtención de celulares, televisores, equipos farmacéuticos, partes automovilísticas, etc. (Gonzales, 2009). Las naturales, grupo amplio que forma parte de la fibra cruda, debido a que el ser humano está imposibilitado de metabolizar por carecer del sistema enzimático (Badui, 2006). Entre ellas tenemos, las de

origen vegetal como las gomas arábica, tragacanto, garrofin, guar y las de procedencia de algas marinas como agar, alginatos y carragenina (Rodríguez y Sandoval, 2003).

Los hidrocoloides naturales en su mayoría se les encuentra como mezclas de polisacáridos en las diferentes partes de las plantas (hojas, tallos, flores, frutos y semillas), que dependiendo de la fuente, su separación es complicado (Quemener *et al.*, 2000 y Mesbahi *et al.*, 2005).

1.2.1 En extracción de hidrocoloides

Las flores y las hojas de la *M. sylvestris* son utilizadas en terapéutica, en su composición aparecen mucílagos que van de 15 a 20% (Hiçsönmez *et al.*, 2009).

Gallardo *et al.* (2013), plantearon la extracción y caracterización reológica a 25°C. del mucilago a partir de las hojas de *Malvaviscus penduliflorus*, a través de cinco procedimientos, tales como por reflujo, ebullición, baño María, microondas y ultrasonido, de los resultados, mostraron que con reflujo, lograron la mayor extracción de 8mg/ml de concentración de mucilago, seguido por ebullición, baño María, ultrasonido y microondas con 3.6; 3.1; 2.2 y 1.8mg/ml respectivamente.

Samavati y Manoochehrizade (2013), investigaron los efectos de la temperatura de extracción (50-100°C), tiempo de extracción (1-5h), la proporción de agua-materia prima (3 – 30), número de extracción (1-5), sobre el rendimiento de extracción de polisacáridos de las hojas de *M. sylvestris*, las cuales fueron optimizados por el análisis estadístico usando la metodología de superficie de respuesta. Los datos

obtenidos fueron modelados a una ecuación polinómica de segundo orden utilizando el análisis de regresión múltiple y también analizados mediante análisis de varianza. Los resultados demostraron que los términos lineales y cuadráticos de estas cuatro variables tenían efectos significativos. Las condiciones óptimas para la extracción de polisacáridos fueron la temperatura de extracción: 90 °C, tiempo de extracción: 4 h, el número de extracción: 2 y la proporción de agua a materia prima: 21. En estas condiciones, el rendimiento experimental fue $8.377 \pm 0,38\%$.

Mejía, Briones y Toledo (2020), extrajeron el mucílago de la *M. sylvestris*, para ello, las muestras de hojas fueron humectadas con agua destilada ionizada en relación entre masa de hojas y agua de 1:10 y luego sometieron a cocción a $95 \pm 2^\circ\text{C}$ por una hora y maceración en reposo de media hora, logrando un rendimiento del 5.8%.

En otros trabajos similares, Hernández (2016), para extraer y purificar hidrocoloides a partir de las hojas frescas de *Portulaca oleracea* conocida como verdolaga, mediante operaciones de maceración, filtración, agitación mecánica, centrifugación, secado y molienda, y empleando etanol, acetona y tolueno como disolventes lograron obtener mucilago en forma de polvo alrededor del 3 al 3.5% de la materia seca total. Por su parte Vargas (2012), estableció un método de extracción para extraer el hidrocoloide de cladodio de *Opuntia spinulifera* con rendimiento del 13.47 %, aplicando operaciones de molienda, extracción y precipitación donde utilizó como único disolvente el etanol con grado industrial.

1.2.2 En actividad antioxidante de hidrocoloides

Samavati y Manoochehrizade (2013), encontraron que los polisacáridos de las hojas de *M. sylvestris* (MSLCP) presentaron una notable actividad de captación de radicales DPPH (1,1- difenil-di-picrylhydrazyl), aumentando los efectos de captación a medida que aumentaron sus concentraciones hasta 300 µg/ml. En comparación con BHT, las MSLCP mostraron tener mayor grado de actividad de captación de radicales libres en las mismas condiciones. A una concentración de 300 mg/l, se observó que MSLCP posee una actividad de captación de radicales libres del 89% en comparación con BHT que fue de 78%.

Por su parte, Gómez *et al.* (2015), determinaron en extracto de hojas de *Malva sylvestris* frente al radical DPPH un nivel de 0.46mM de Trolox/g de muestra, asimismo, Gracia (2010), en extractos de *M. sylvestris* obtenidos mediante metanol cuantificó polifenoles totales llegando a determinar niveles significativos de 21.094±0.101mg de Ácido Gálico(GA)/g extracto, con ello, concluyeron que la *M. sylvestris* tiene gran actividad antioxidante y que podría ser usada para el tratamiento de diversas enfermedades.

Ordoñez *et al.* (2018), cuantificaron polifenoles totales en hojas de 12 especies de cítricos, como lima dulce (*Citrus limetta*), limón sutil (*Citrus aurantifolia swingle*), mandarina común (*Citrus reticulata*), naranja valencia (*C. sinensis* (L.) sbeck) y toronja (*Citrus paradisi Macf*) con niveles que fueron de 1.68±0.04 a 2.92±0.04 mgAG/100g de muestra, así como actividad antioxidante en el rango de 0.76±0.03 a 1.85±0.03mg/ml para inhibir el 50% del radical DPPH.

En el estudio de la actividad antioxidante del extracto de la *M. sylvestris* mediante la prueba de 2,2-difenil-1-picrylhydrazyl (DPPH), Dahmani *et al.* (2015), determinaron que este, presentó una actividad significativa, los polifenoles contenidos alcanzaron 8,62 mg. EAG /g de materia seca.

Villarreal *et al.* (2019), con el reactivo de Folin-Ciocalteu determinaron que el contenido de polifenoles totales en las hojas de *Beautempisia avicenniifolia* (Kunth) fueron de 23.7 ± 0.2 mgAG/100g de muestra.

Boutennoun *et al.* (2019), investigaron la actividad antioxidante en extracto hidrometanólico de *M. sylvestris* empleando sistemas con capacidad de eliminar radicales libres 1,1-difenil-2-picrylhydrazyl (DPPH), demostrando que dicho extracto tuvo capacidad para eliminar el 76.11% de los radicales libres de DPPH.

1.2.3 En comportamiento reológico de hidrocoloides

Yasen *et al.* (2005), manifiestan que los hidrocoloides por tener la capacidad de modificar las propiedades reológicas de dispersiones, son usados en alimentos como agentes espesantes, estabilizantes y gelificantes; asimismo, agrega que la variación de la viscosidad se debe al alto peso molecular, su naturaleza polimérica y las interacciones entre cadenas de polímero cuando son disueltos o dispersados.

Vargas (2012), a partir de *Opuntia spinulifera* extrajo hidrocoloides a través de homogenización con agua, tratamiento térmico (100°C), filtración, centrifugación,

precipitación y secado hasta con rendimiento de 17%(p/p) en base fresca y reportó que dichos hidrocoloides en dispersiones de 0.5 a 3.0% (p/p) a 25°C mostraron tener comportamiento de un fluido pseudoplástico.

Gallardo *et al.* (2013), reologicamente, demostraron que el mucilago de hojas de *M. sylvestris*, presentaron comportamiento no newtoniano con flujo de pseudoplástico, el cual calificaron como un mucilago de alto potencial estabilizante en las dispersiones coloidales.

Roldan (2015), en la evaluación reológica de hidrocoloides en el rango de 0.2 a 2.0% (p/p) a temperaturas desde 5°C a 70°C, de cinco modelos probados, el de Ostwald y Herschel-Bulkely se ajustaron a los resultados experimentales, con comportamiento de fluidos pseudoplásticos.

Hasanpour *et al.* (2018), determinaron las propiedades de la goma de la hoja de *M. sylvestris*, para ello, aislaron la goma mediante agua caliente. Las propiedades reológicas de la goma se realizaron a la velocidad de cizallamiento en el rango de $0,1-1000s^{-1}$ con viscosímetro Brookfield y evaluaron el efecto de la temperatura y la concentración de goma sobre la viscosidad. La goma purificada contenía $8,12\pm 0,43\%$ de humedad, $77,04\pm 0,83\%$ de carbohidratos, $8,56\pm 0,62\%$ de proteínas, y $2,49\pm 0,3\%$ de cenizas. De los modelos matemáticos evaluados, el modelo que mejor se ajustó con respecto al comportamiento reológico de la goma fue el de la Ley de Potencia. Con los resultados concluyeron que la goma extraída mostró una mayor sensibilidad en su viscosidad con respecto a la temperatura y concentración.

1.3 Formulación del problema de investigación

- **En la extracción**

¿Cuáles son las condiciones óptimas de hidratación y solubilidad para la extracción mecánica de hidrocoloides con mayor rendimiento a partir de las hojas de *Malva sylvestris*?

- **En la evaluación reológica**

¿Cómo influye un aumento del contenido de sólidos y de la temperatura de los hidrocoloides de hojas de *Malva sylvestris* en dispersión en su comportamiento reológico?

- **En la evaluación de la actividad antioxidante**

¿Cómo influye un aumento de la temperatura en la actividad antioxidante de los hidrocoloides de hojas de *Malva sylvestris* dispuestos en dispersión?

1.4 Delimitación del estudio

- El estudio ha obedecido a una investigación aplicada, de tipo experimental y de carácter correlacional, enfocada a dos etapas: la primera, la extracción de hidrocoloides, bajo el control de los niveles de hidratación y solubilidad por expresión mecánica y la segunda, conocer la influencia de la concentración y temperatura de las dispersiones en el comportamiento reológico y actividad antioxidante de los hidrocoloides.
- El objeto de estudio fueron hojas recolectadas en la etapa de floración de plantas que según Gimeno (2000), pertenecen al:

Phylum : Magnoliophyta
Clase : Magnoliopsida
Orden : Malvales
Familia : Malvaceae
Especie : *Malva sylvestris*

La altura promedio alcanzó 1.10 m y sus hojas se encuentran alternadas, vellosas, con bordes dentados y nervaduras palmeadas con cinco lóbulos redondeados, conforme a la figura 1.



Figura 1. Planta de *Malva sylvestris*.

- El experimento se realizó en los meses de mayo a julio, con el instrumental del laboratorio de Análisis y Composición de Productos Agroindustriales, los cuales permitieron controlar y medir las variables de la investigación.
- Los datos recopilados fueron procesados y examinados a través de la estadística, donde se interpretó en base a la correlación de las variables dependientes e independientes para arribar a las conclusiones según los objetivos planteados.

1.5 Justificación e importancia de la investigación

- **Justificación**

La investigación es conveniente, porque nos permitirá conocer las condiciones óptimas de hidratación y solubilidad, la interacción entre variables y su influencia en la eficiencia de extracción, así como el comportamiento reológico y actividad antioxidante frente a variaciones de temperatura y concentración de los hidrocoloides de la *M. sylvestris* producida en la selva peruana.

A través del estudio, se plantea la extracción mecánica de hidrocoloides a partir de las hojas en polvo de *M. sylvestris*, con este método, se estaría dejando el uso de solventes orgánicos, ácidos y bases fuertes, así como el empleo de altos niveles de energía calorífica, que influyen negativamente a la conservación de sus propiedades naturales, dichos resultados servirán para que los procesadores extraigan hidrocoloides con máximo rendimiento.

Por otro lado, el estudio apunta a conocer el comportamiento reológico, así como, el poder antioxidante que posee, bajo las condiciones de concentración y temperatura, cuyos resultados, direccionan a dar la aplicación adecuada en el sector industrial.

▪ **Importancia**

La *M. sylvestris* es una planta que la encontramos en toda la selva peruana, fuente que podría considerarse como materia prima para la extracción de hidrocoloides, sin embargo, se le da poca importancia y se tiene escasa información, razón que con el presente estudio, se pretende optimizar e incrementar la extracción, para uso y aplicación en diversos alimentos que requieran estabilizantes, espesantes y gelificantes, manteniendo su calidad y dejando de lado, aquellas gomas de tipo comercial que son sintéticos, seminaturales y de alto costo, asimismo, con los resultados de la reología y actividad antioxidante, se podrá dar uso y aplicación posterior en el diseño de procesos y equipos conforme menciona Zeki (2013) citado por Roldan (2015).

Se promoverá a que en nuestra selva, se de interés y maneje el cultivo técnicamente a fin de garantizar su disponibilidad y con ello, la industria pueda dar valor agregado a esta planta.

Las hojas de malva contienen a un grupo grande de polisacáridos, denominados hidrocoloides, gomas o mucílagos, debido al alto contenido de fibra dietética (celulosas, pectinas, gomas, mucílago y otros polisacáridos) poseen bondades para contrarrestar enfermedades crónicas como cardiovasculares; reduce el colesterol malo y con ello disminuye la presión arterial, por otro lado, la Asociación Americana de Diabetes (ADA) recomienda consumo de fibra para mantener un mejor control glucémico e insulínico, asimismo, las fibras retienen mayor cantidad de agua e incrementan la masa fecal y disminuye el tiempo de tránsito intestinal y con ello la reducción del cáncer de colon (Cabrera y Cardenas, 2006), asimismo, Gonzales y Hinojosa (2019), evaluaron el efecto regenerador de mucilagos de *M. sylvestris* y capacidad para tratar ulceras

gástricas, concluyendo que aplicados en dosis de 1000; 500 y 250 mg/kg, dichos hidrocoloides manifestaron tener eficacia de 87; 79 y 70% contra daños gástricos.

Otro aspecto muy importante, es que los consumidores cada vez exigen más y piden que los alimentos sean lo más naturales, seguros y menos procesado posible. Una alternativa son los hidrocoloides extraídos de las hojas de malva, que son aditivos naturales de alta funcionalidad y que la industria alimentaria y otros sectores, puedan utilizarlos ampliamente.

Complementado a la reología, Gómez *et al.* (2015) afirman que los hidrocoloides de hojas de *M. sylvestris*, tienen cierta actividad antioxidante y como tal, podría ser aplicado en múltiples productos alimenticios con fines de neutralizar las especies reactivas generadoras de radicales libres, como aceites vegetales hidrogenados y ácidos grasos trans, entre otras (Palomo *et al.*, 2009).

Los hidrocoloides son comercializados en forma de polvo y son usados en mezcla homogénea con otros ingredientes para evitar la formación de grumos o aglomerados (Penna, 2002). Desde el punto de vista económico, de acuerdo con el Centro de Información para los Hidrocoloides en el Sector Alimentos, los mercados más importantes son Estados Unidos, Europa y Japón, y del 2012 al 2018, el mercado mundial de hidrocoloides de alimentos, creció a una tasa compuesta anual del 5% y alcanzaron los \$ 7 mil millones y para el 2020 se espera que alcance los \$ 8.2 mil millones (Weler, 2016).

1.6 Objetivos de la investigación

▪ General

Evaluar las condiciones de extracción, comportamiento reológico y actividad antioxidante de los hidrocoloides de las hojas de *Malva sylvestris*.

▪ Específicos

- Establecer las condiciones óptimas de hidratación (15-25 g. agua/g. de hojas en polvo por 30–90min) y solubilización mecánica (424-592mov/min por 60-180s) para extraer hidrocoloides con el máximo rendimiento (%p/p) a partir de las hojas de malva.
- Determinar el tipo de fluido y modelo matemático que refleje el comportamiento de los hidrocoloides de las hojas de malva en dispersión a diferentes concentraciones (0.70–2.10%p/p) y temperaturas (20–40°C).
- Cuantificar la actividad antioxidante (mg AGE/100g muestra y mM Trolox/g muestra) de los hidrocoloides de las hojas de malva en dispersión a temperaturas de 20–80°C.

CAPITULO II MARCO TEÓRICO

2.1 Fundamento teórico de la investigación

2.1.1 Malva (*Malva sylvestris*)

La *M. sylvestris* pertenece a la familia de las Malváceas, planta medicinal, perenne o bianual, originaria de zonas con climas templados. Crece de manera silvestre al costado de caminos y baldosas, no es exigente para desarrollar, es fuente importante de compuestos fenólicos (Gómez *et al.*, 2015), sin embargo según Sanchez *et al.* (2007), el desarrollo foliar de las plantas cultivadas depende de factores genéticos como de condiciones ambientales en que crecen.

2.1.2 Propiedades de la *Malva sylvestris*

Las hojas de la *M. sylvestris* contienen mucílagos denominados también hidrocoloides, que sirven para preparar emolientes, antiinflamatorios y demulcentes, por lo que es usado en procesos catarrales de vías respiratorias, inflamación de mucosa bucal y de garganta, afecciones de piel. También son usados como laxantes mecánicos por la capacidad de retener agua y aumentar el volumen, y por lubricar el intestino y proteger la mucosa gástrica (Gimeno, 2000).

Cleverson *et al.* (2011), manifiestan que partes de la planta son utilizadas como medicina tradicional. En general las hojas y flores debido a la presencia de flavonoides y mucílagos tienen poder antiinflamatorio, antioxidante y anticancerígena. Además, ha sido demostrado que el extracto acuoso es más eficaz que la cimetidina, un medicamento usado para tratar úlceras gástricas.

Gasparetto *et al.* (2012) citado por Nenen (2017), mencionan que los polifenoles son el grupo predominante del contenido fitoquímico de la *M. sylvestris* y Benso *et al.* (2016), afirma que en estudios *in vivo* se ha comprobado su seguridad de la actividad antiinflamatoria.

Reza, Zeynab y Asadi (2012), determinaron la composición química proximal de la *M. sylvestris*, reportando valores de 82.8 – 86.23% de humedad, 0.16 – 0.30% de grasa, 2.9 – 5.0% de fibra, 24.9 – 3.22% de proteína cruda y 0.16 – 0.30% de ceniza. Asimismo, cuantificaron que las hojas contenían de 6.9 – 12.73% de mucilago, de 11.82 a 15.11mg GA/g de muestra fresca y de 25.7 a 28.7 $\mu\text{molTrolox/g}$ de muestra fresca (0.0257 a 0.0287mMTrolox/g muestra).

Gómez *et al.* (2015), afirma que la *M. sylvestris* es utilizada por la población como extracto acuoso con fines de tratamiento de enfermedades como diabetes, cáncer, inflamaciones, infecciones.

Mamani (2019), afirma que las hojas de *M. sylvestris* por lo general tienen uso medicinal, tienen efectos positivos en heridas dérmicas, neumopatías y problemas digestivos, debido a que contienen antocianinas y mucilagos. Asimismo, Dipak (2016), en una revisión de investigaciones sobre actividades biológicas encontró reportes que la *M. sylvestris* entre otras sustancias contenía polifenoles con fuerte poder antioxidante.

Boutennoun1 *et al.* (2019), han demostrado el potencial terapéutico que posee el extracto de hojas de *M. sylvestris*, tienen una alta capacidad antioxidante debido a que pueden eliminar el 76.11% de los radicales libres de DPPH y el 69.97% del H₂O₂ a una concentración de 125 µg/ml y un buen poder reductor férrico, debido a la presencia de flavonoides y taninos. Asimismo, resaltan la importancia de esta planta como una fuente prometedora de antioxidantes naturales para los alimentos, conservación y prevención de enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo.

2.1.3 Hidrocoloides

También conocidos como gomas o mucílagos, son polímeros de cadenas largas y alto peso molecular, con capacidad de formar dispersiones viscosas y/o geles cuando se mezclan con agua; estas, pueden obtenerse a partir de exudados de árboles o arbustos, extractos de plantas o algas, etc., asimismo, por el gran número de grupos hidroxilo en su estructura aumenta notablemente su afinidad por las moléculas de agua, convirtiéndolas en moléculas hidrófilas con propiedades de un coloide, por producir dispersiones con características intermedias entre una verdadera solución y una suspensión (Angiolini, 2013).

Son polisacáridos heterogéneos o hidrocoloides por su propiedad de hincharse con el agua y formar disoluciones coloidales o geles, característica que le confiere la mayoría de propiedades y aplicaciones (Gimeno, 2000). Según Rodríguez y Sandoval (2003), los hidrocoloides pueden ser naturales como las gomas arábica, tragacanto, garrofín, guar, agar, alginatos, carragenina, almidones, gelatina,

albumina, caseína y pectina; semisintéticos como: Carboxil Metil Celulosa (CMC), metilcelulosa, xantan, gelano, pectina metoxilada y sintéticos como: polivinilalcohol (PVA), polivilpirolidina (PVP) y los polímeros de óxido de etileno (Poliox). Los hidrocoloides naturales en su mayoría se les encuentra como mezclas de polisacáridos en las hojas, tallos, flores, frutos y semillas (Quemener *et al.*, 2000 y Mesbahi *et al.*, 2005). Con respecto a las hojas, las pequeñas adquieren nutrientes de las que van envejeciendo y perdiendo lámina media (Figura 2) de las paredes celulares, hasta alcanzar un tamaño medio, momento en que almacenan más nutrientes (Garay, 2017).

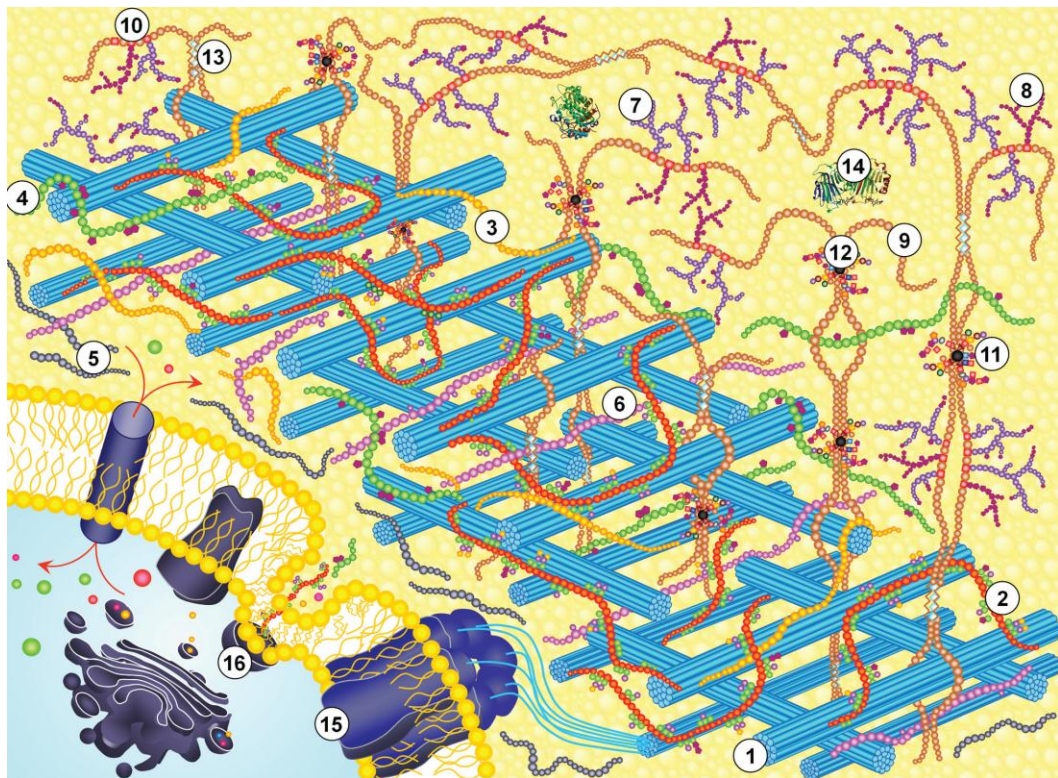


Figura 2. Modelo de la estructura de los polisacáridos en la pared celular vegetal. 1, celulosa: microfibrillas de celulosa; 2-6, Hemicelulosas: 2, xiloglucano; 3, glucano enlazado-mixto; 4, xilano y heteroxilanos relacionados; 5, calosa; 6, manano y heteromananos relacionados; 7 – 11, pectinas, 7, galactano; 8, arabinano; 9, homogalacturonano; ramnogalacturonano I; 11, ramnogalacturonano II; 12, puente de boro; 13, “caja – huevo” con puentes con calcio, 14 – 16, componentes no polisacáridos. 14, enzimas y proteínas estructurales; 15, complejo celulosa sintasa; 16, vesículas de transporte (Franková y Fry, 2013).

2.1.4 Estructura y composición química de los hidrocoloides

Badui (2006), sostiene que las gomas o hidrocoloides naturales forman parte de la fibra cruda, ya que el organismo humano no los metaboliza por carecer de las enzimas específicas; estos pueden ser iónicos, neutros, lineales y ramificados, cuya característica es de interactuar con el agua, formando desde bajas hasta altas concentraciones soluciones viscosas y geles; con respecto al tamaño y estructura, la goma arábica formado por una cadena principal de unidades de β -galactopiranosas que unen a residuos de L-ramnopiranosas, de L-arabinofuranosas y de ácido glucorónico con peso molecular de 300 a 800 kDa, por otro lado, también reporta que la goma guar obtenida de semillas leguminosas presenta estructura química ramificada y una cadena principal con unidades de β -D-manopiranosas unidas $\beta(1,4)$, más ramas de α -D-galactopiranosas por enlaces $\alpha(1,6)$ y su peso molecular varía desde 150,000 a 1,500,000, afirmando además, que ambas gomas son solubles en agua fría y ésta aumenta al disminuir el tamaño de partículas de la goma y aumentar la temperatura.

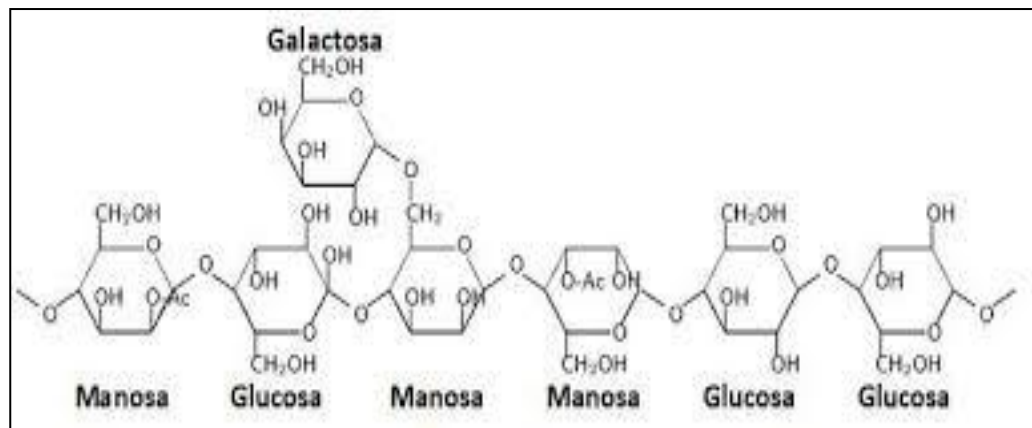


Figura 3. Estructura química de un hidrocoloide.

Fuente: Serván (2018).

Los tejidos blandos de la *M. sylvestris* a nivel estructural contienen mucilagos (superior al 10%), los cuales por hidrolisis producen arabinosa, glucosa, ramnosa, manosa, galactosa (figura 3) y ácido galacturónico; así mismo han identificado una fitoalexina conocida como Malvona A, en cuya estructura presenta diferentes grupos funcionales como esterres, alcoholes y cetonas (Calderón, 2011).

2.1.5 Propiedades reológicas de los hidrocoloides

Los hidrocoloides confieren viscosidad a los alimentos debido al entrelazamiento no específico que ofrecen las cadenas de los polímeros, esta es medida en función del tipo de hidrocoloide, de la concentración, del pH y de la temperatura a emplearse (Angiolini, 2013).

Quintáns (2008), refiere que Newton, definió viscosidad como “la resistencia” que ofrece una sustancia para deslizarse, siendo proporcional a la velocidad en que las partes de un fluido son separadas entre sí”, estableciendo, que existe una relación directa entre el esfuerzo/unidad de área (F/A) con la velocidad de un fluido.

Conocer las propiedades reológicas de una sustancia es importante para el diseño de procesos y equipos de ingeniería, como: cintas transportadoras, tuberías, tanques de almacenamiento, bombas para el manejo de alimentos, además, la viscosidad se utiliza para estimar cálculos de fenómenos de transporte como cantidad de movimiento, calor y energía; dicha información que se obtenga sobre la reología, facilita la comprensión de los cambios durante su procesamiento debido a que dicha sustancia está sujeto a movimiento constante (Ramírez, 2006 y Quintáns, 2008).

Según Sahin y Ozdemir (2004) y Kayacier y Dogan (2006), citado por Emine (2016), los hidrocoloides cumplen diversas funciones en los sistemas alimentarios, mejoran la viscosidad, confieren estructuras de gel, forman películas, controlan procesos de cristalización, inhiben la sinéresis, mejoran la textura, encapsulan sabores y alargan la estabilidad física. Asimismo, influyen en la aceptabilidad de un alimento por la variación de la estabilidad física y de propiedades a la sensación en la boca (Marcotte, Hoshahili y Ramaswamy, 2001). Por otro lado, también los hidrocoloides se comportan como emulsionantes y son usados como sustitutos de grasa (Angiolini, 2013). Reológicamente en solución, los hidrocoloides demuestran tener comportamiento de fluidos pseudoplásticos no newtonianos con modelo de ley de potencia (Kayacier y Dogan, 2006). Los hidrocoloides son aplicables como espesantes en sopas, salsas, aderezos (Krystyjan *et al.*, 2012); gelificantes en pudines y gelatinas; emulsionantes en yogur y helado (Kiani *et al.*, 2010); clarificantes de cerveza y vino, inhibidores de retrogradación en panes y masas (Mohammadi *et al.*, 2014).

La viscosidad depende exponencialmente de la temperatura, es decir, los materiales disminuyen su viscosidad con el aumento de la temperatura, presentándose variaciones de hasta un 10% por cada °C incrementado, por ejemplo, la sensibilidad a la temperatura del agua es de 3% por °C a temperatura ambiente, así que para tener una precisión del 1% requiere que la temperatura sea regulada en 0.3°C, mientras que para líquidos más viscosos esta dependencia es mayor, debiéndose controlar mejor la temperatura (Ramírez, 2006). La viscosidad disminuye, debido a que al aumentar la temperatura, las fuerzas viscosas son

superadas por la energía cinética que se produce, el cual origina mayor movimiento molecular (Zeki, 2013).

2.1.6 Métodos de extracción de hidrocoloides

Según el cuadro 1, generalmente la extracción de hidrocoloides es realizado por lixiviación, bajo diferentes condiciones de pH, temperatura, tamaño de partícula, relación solvente/soluto, ultrasonido, agitación entre otros.

Cuadro 1. Condiciones de lixiviación en la extracción de hidrocoloides.

Materia prima	Condiciones	η (%p/p)	Fuente
<i>Malva sylvestris</i>	90 °C, 4 h, agua/hojas polvo (p/p): 21	8.37	Samavati y Manoochehrizade (2013)
<i>Malva sylvestris</i>	Reflujo, hojas/agua(p/p):1:10, 60min	8	Gallardo <i>et al.</i> (2013)
<i>Malva sylvestris</i>	1h, 95°C, hojas/agua(p/p) 1:10	5.8	Mejía et al. (2020)
<i>Portulaca oleracea</i>	Etanol, acetona, tolueno, 700g hojas/L; 30°C, 2h	3.5	Hernández (2014)
Opuntia spinulifera	Extracción y precipitación, etanol Grado industrial	13.47	Vargas (2012)
<i>Malva verticillata</i>	6h, 50°C, Na ₂ S ₂ O ₅ (1%)/raíces polvo (ml/g):20	8.00	Korir <i>et al.</i> (2018)

Farela (2017), para la extracción sólido-líquido, conocido como lixiviación, es la operación de transferencia de masa más utilizado, implica separar uno o varios constituyentes solubles contenidos en un sólido inerte mediante solventes adecuados; el mismo que se presenta cuando un líquido pasa a través de un sólido pulverizado para que se produzca la disolución de los componentes solubles; siendo influenciado por factores como: relación materia prima/solvente, maceración, tamaño de partículas, tipo de solvente, temperatura y agitación.

Jimenez *et al.* (2015), en la extracción de hidrocoloides a partir de las semillas de *Hyptis suaveolens* emplearon los métodos del ultrasonido a 20 KHz y agitación mecánica a 600rpm concluyendo que los tratamientos con ultrasonido ocasionaron mayor desprendimiento; en ambos métodos de extracción, controlaron variables como: temperatura de 20 y 80°C, pH de 6 a 9 y relación agua-semillas de 1:20, 1:30 y 1:40.

Por otro lado, Lai y Liang (2012), extrajeron mucilago a partir de *Asplenium australasicum*, mediante proceso de reflujo a 25, 50, 70 y 90 °C por 4 horas con bicarbonato de sodio a 0.14M en agua desionizada. Ziolkovska (2012), evaluó temperaturas de 25 a 95°C, pH de 4 a 9 y concentraciones de NaCl de 0.05 y 0.2 M, extrajeron el mucilago en semillas de mostaza con las condiciones óptimas de pH de 8, por 3h a una temperatura de 50°C., empleando ultrasonido a 40 khz para la extracción del mucilago de la semilla de *Salvia hispanica*; y controlando la hidratación, temperatura, pH y velocidad de agitación. Por otro lado, Lautié *et al.* (2008), reportaron la extracción del mucilago de *Hyptis suaveolens*, mediante hidratación de la semilla, agitación, filtración al vacío, precipitado con etanol, separación con un tamiz, lavado con acetona y secado en estufa al vacío.

2.1.7 Factores que afectan la extracción de los hidrocoloides

- **Hidratación de hidrocoloides**

La hidratación es la capacidad que tienen los hidrocoloides por absorber y retener agua, el cual origina expansibilidad producto del hinchamiento, pudiéndose realizar con o sin estrés mecánico (Macías, 2013). El agua puede ser retenida por puentes de hidrogeno, por estructuración de la misma o bien

localizarse dentro de los espacios intra e intermoleculares (Capitani, 2013). Diversos estudios reportan que el tiempo de humectación es importante, debido a que el agua absorbida por el material vegetal facilita a posteriori la solubilización, el tiempo fluctúa entre 1 a 6 h, cabe señalar que a menor tiempo este proceso se hace más eficiente (Gallardo *et al.*, 2013). La cantidad de agua debe de ser lo suficiente para la extracción de la goma, mayor cantidad de agua implicara usar mayor cantidad de alcohol para precipitar la goma, teniendo como consecuencia mayores costos (Martinez, 2004). En humedades ambientales normales, los polisacáridos contienen 8 a 10 % de agua (Yang *et al.*, 2004).

Los coloides en su superficie suelen tener cargas eléctricas negativas, estas cargas producen fuerzas de repulsión electrostática con los coloides cercanos; con cargas elevadas, los coloides permanecen dispersos y en suspensión, caso contrario, si se eliminan, los coloides se aglomera y luego sedimentan, sin embargo, al entrar en contacto con las moléculas de agua, altamente polar, estas van a ser fijadas, por el lado positivo (hidrógenos) en la superficie del coloide, simultáneamente, con los grupos hidroxilos de los coloides, se forman puentes de hidrógeno con la parte negativa (oxígeno) del agua, dando como resultado a la hidratación, que el tiempo dependerá de la relación solvente-soluto, temperatura y pH del medio (Zeta-Meter, Inc., 2010).

La hidratación o humidificación se produce por difusión del agua en la dirección de una zona de mayor a menor concentración, o debido a un gradiente de presión o de temperatura o por la aplicación de una fuerza externa como en el caso de una centrifuga, fenómeno de transporte de masa, gobernado por la Ley de Fick (Ibarz y Canovas, 2005).

- **Solubilización de hidrocoloides**

Es la etapa crítica que pasan los hidrocoloides una vez hidratados, para lograr desprenderse de los espacios intercelulares e intramoleculares como de semillas, hojas, flores y frutos previamente pulverizados.; para solubilizar se aplica agitación mecánica a velocidades que van de 300 a 600 rpm durante 30 – 70 minutos, asimismo, ultrasonido debido al fenómeno de cavitación acústica, que acelera la transferencia de masa de los componentes de la célula al solvente debido a la dilatación de los poros de la membrana y a la ruptura celular (Marin *et al.*, 2008). Otra alternativa es la expresión mecánica que consiste en homogenizar, reduciendo de tamaño las partículas o rompiendo las matrices celulares a través de paletas que ejercen presión de 50 a 55 db, operación que se realiza a través de un homogenizador denominado Stomacher (Retsch, 1985).

Otro factor que podría influenciar la solubilización de los hidrocoloides es el pH, sin embargo, la mayor extracción de las gomas se presenta en rangos cercanos a la neutralidad de 6.5 – 6.8 (Marin *et al.*, 2008).

2.2 Marco conceptual

2.2.1 Reología

Según Mezger (2006), citado por Arias *et al.* (2018), la reología es la ciencia que estudia el flujo y la deformación de la materia bajo la acción de una fuerza mecánica; es una rama de la física y de la química-física, sus variables se manifiestan en el estudio de la mecánica: fuerzas, deflexiones y velocidades.

2.2.2 Comportamiento reológico

Los sólidos y líquidos describen una gama de comportamientos que dependen de sus características físico-químicas intrínsecas así como del tamaño y modo del esfuerzo que reciben. Los sólidos suelen ser sometidos a esfuerzos de tracción normal a su superficie y a esfuerzos cortantes o de cizalladura tangentes a su superficie mientras que los líquidos sólo a esfuerzos cortantes (Rodríguez, 2009).

A través de la reometría se puede evaluar el comportamiento reológico de los diferentes productos para así ser aplicado en las diferentes industrias. Con este estudio se obtienen ecuaciones reológicas, que permiten desarrollar la ingeniería de procesos, principalmente las operaciones unitarias que implican transferencia de calor y movimiento (Ibarz y Barbosa-Canovas, 2005).

Según el tipo de flujo y viscosidad que describan, los líquidos pueden tener comportamiento de fluido newtoniano, si la viscosidad se mantiene constante e independiente del tiempo reciba o no la aplicación de un esfuerzo cortante y de

fluido no newtoniano, independientes del tiempo, si las características de flujo y la viscosidad son desviadas frente a esfuerzos cortante y velocidades de deformación, denominados dilatantes, pseudoplásticos, plásticos, plásticos de Bingham y los que dependen del tiempo durante el cual actúa la tensión tangencial y pueden ser tixotrópicos o reopecticos (Arias *et al.*,2018).

Los fluidos pseudoplásticos descritos por la Ley de Potencia de Ostwald, obedece a la ecuación: $\sigma = k(\dot{\gamma})^n$, donde n, el índice de comportamiento de flujo es menor a 1 y k, es el índice de consistencia o viscosidad aparente; este tipo de fluido guarda relación con las suspensiones alimentarias como: Zumos de naranja, soluciones de carboximetilcelulosa, yema de huevo, etc., desde su procesamiento, almacenamiento, transporte, distribución hasta el consumo, los alimentos sufren incremento o disminución de temperatura, así como variaciones en sólidos solubles, es decir, que la temperatura y la concentración de sólidos de manera individual y en efecto combinado, influyen en la viscosidad de las sustancias, dichas variaciones permite tener diversos comportamientos reológicos, descritos por modelos matemáticos como potencial, exponencial, entre otros (Ibarz y Barbosa_Canovas, 2005).

2.2.3 Antioxidante

Son compuestos sintetizados por los vegetales que tienen la capacidad de inhibir o retardar la oxidación de otras moléculas evitando así la iniciación y/o propagación de reacciones en cadena de los radicales libres; se tiene los sintéticos con estructuras

fenólicas con varios grados de sustitución alquímica y los naturales representado por compuestos fenólicos (tocoferoles, flavonoides y ácidos fenólicos), nitrogenados (alcaloides, derivados de la clorofila, aminoácidos y aminas) o carotenoides (Pastene, 2009).

El cuerpo humano normalmente durante los procesos metabólicos genera Especies Reactivas de Oxígeno (ROS), que en exceso pueden causar daños a macromoléculas como ADN, lípidos, carbohidratos y proteínas (Gomes *et al.* 2010). Los daños han sido relacionados con padecimientos como cáncer, enfermedades cardiovasculares, visuales y desordenes inmune y neurodegenerativos (Quiles *et al.*, 2006). Los antioxidantes presentes en los vegetales protegen la salud del cuerpo disminuyendo los efectos de ROS (Isabelle *et al.*, 2010). Los antioxidantes pueden inhibir o retardar la oxidación captando radicales libres (Floegel *et al.*, 2011).

Un antioxidante es un compuesto químico utilizado por el organismo humano para eliminar radicales libres, que son muy reactivas debido a que introducen oxígeno hacia las células produciendo así muchos cambios en el cuerpo, como la oxidación de diferentes partes así como alteraciones del ADN, los cuales conllevan a acelerar el envejecimiento del cuerpo (Ramirez *et al.*, 2012).

Los antioxidantes tienen la capacidad de inhibir o retardar la oxidación de otras moléculas evitando así la iniciación y/o propagación de reacciones en cadena de los radicales libres; se tiene los sintéticos con estructuras fenólicas con varios grados de sustitución alquímica y los naturales los compuestos fenólicos (tocoferoles,

flavonoides y ácidos fenólicos), nitrogenados (alcaloides, derivados de la clorofila, aminoácidos y aminos) o carotenoides (Pastene, 2009).

Con fines de cuantificar la actividad antioxidante se cuenta con el Trolox, es una molécula con alta actividad antioxidante, es sintético, químicamente según la figura 4, es el ácido 6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic, es un análogo de la vitamina E, soluble en agua y se utiliza en aplicaciones biológicas o bioquímicas para reducir el estrés oxidativo o daño (Grigorev *et al.*, 2014).

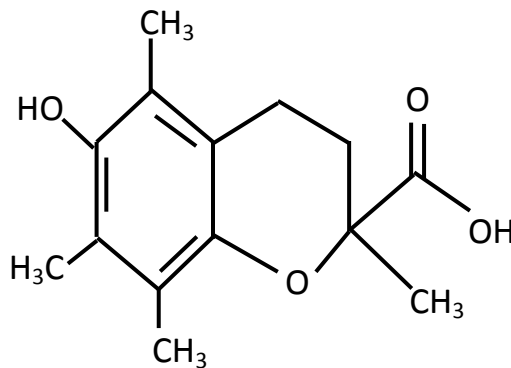


Figura 4. Estructura química del Trolox.
Fuente: Diaz *et al.*, (2007)

2.2.4 Actividad antioxidante

La oxidación de un compuesto es la pérdida de electrones, de hidrógenos o la ganancia de oxígeno en una molécula, mientras que la reducción de un compuesto es la ganancia de electrones, de hidrógenos o la pérdida de oxígeno; en tal sentido, un agente oxidante es una molécula que se reduce al reaccionar con la molécula a la cual oxida (Kuskoski *et al.*, 2009).

La capacidad antioxidante de un alimento depende de la naturaleza y concentración de los alimentos naturales presentes en él. La mayoría de los compuestos antioxidantes de las frutas y verduras se deben a ciertos compuestos como vitamina C, vitamina E, o β -27 (Avello y Suwalsky, 2006).

Es la capacidad que tienen ciertos compuestos denominados antioxidantes de captar, secuestrar o eliminar radicales libres, entre ellos tenemos se encuentran vitaminas C y E, carotenoides, antocianinas, flavonoides y otros compuestos fenólicos. Generalmente las fuentes o muestras con contenido de polifenoles totales más elevado son las que presentan actividad antioxidante también más alto (Zugic *et al.*, 2014).

2.2.5 Radicales libres

Son moléculas o fragmentos de éstas, que se caracterizan por contener uno o más electrones desapareados o libres en su último orbital (Figura 5), razón de ser potentes reactivos y que en exceso van ocasionar en la célula un desequilibrio y con ello, el estrés oxidativo, causando daño celular grave y con ello el envejecimiento y un conjunto de enfermedades como el síndrome metabólico, cáncer, Alzheimer y problemas cardiovasculares entre otros (Avelar *et al.*, 2015; López y Denicola, 2013). La capacidad de capturar o neutralizar radicales libres por polifenoles sirve como indicador para establecer los beneficios que tienen los antioxidantes de las hojas, tallos, flores y frutos de las plantas (Angeloni *et al.*, 2015).

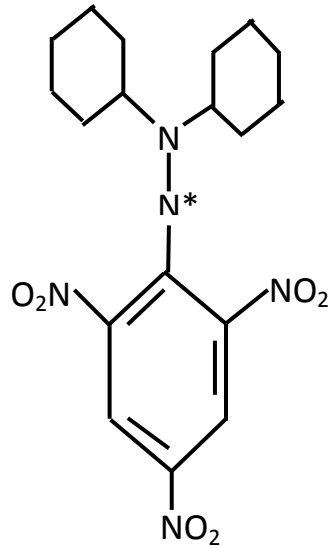


Figura 5. Estructura química de Radical DPPH.
Fuente: Becker (2019)

2.2.6 Polifenoles

Son sustancias químicas que en su estructura contienen más de un hidroxilo por molécula y uno o varios anillos aromáticos. Estos se agrupan en taninos condensados representados por los flavonoides y las proantocianidinas y taninos hidrolizados como los elagitaninos y galotaninos, entre ellos, el Ácido Gálico (AG) es el galotanino más simple o monómero enlazado a moléculas de glucosa (Govea, *et al.*, 2013).

Constituyen fuente principal de metabolitos secundarios de los vegetales como tal, encontramos en la dieta. El contenido de polifenoles de los alimentos puede verse afectado por factores como la luz, temperatura, oxígeno, enzimas y procesamiento (Anticono, *et al.*, 2016). Por otro lado, Quiñonez *et al.* (2012), sustentan que por sus características fisicoquímicas, los polifenoles actúan en distintas reacciones metabólicas a nivel celular en los procesos redox, inhiben la oxidación de sustratos,

moléculas simples y complejas. Por su parte Haminiuk *et al.* (2012), citado por Valencia *et al.* (2017), sustentan que la cantidad de Polifenoles en las plantas varían dependiendo del genotipo, especie, condiciones ambientales, grado de madurez, composición del suelo y ubicación geográfica. Sin embargo, el contenido de polifenoles puede verse afectado por el incremento de la temperatura, según Petrucci, Harwood y Herring (2003), menciona que las sustancias líquidas pueden pasar al estado vapor, cuando las moléculas posean energía cinética lo suficientemente alta podrán vencer a las fuerzas intermoleculares de atracción y escapar de la superficie del líquido, este fenómeno será fácil cuando la temperatura de la sustancia se haya aumentado.

El ácido gálico (AG), es una sustancia orgánica que químicamente se representa conforme a la figura 6. Es el ácido 3,4,5-trihidroxibenzoico, fenol con un anillo y tres grupos hidroxilos, se encuentra de manera natural en las agallas de las plantas como formaciones parecidas a un tumor que se generan en manera de respuesta ante el ataque de los insectos y en sus diversas partes como: hojas, tallos, flores, frutas, verduras y bebidas de café, vino tinto y té verde. Su fórmula química es $C_7H_6O_5$ también se puede escribir $C_6H_2(OH)_3COOH$ (Govea *et al.*, 2013). Asimismo, según Kim (2007), el AG es importante por su poder antioxidante, propiedad por donar electrones y así neutralizar radicales libres.

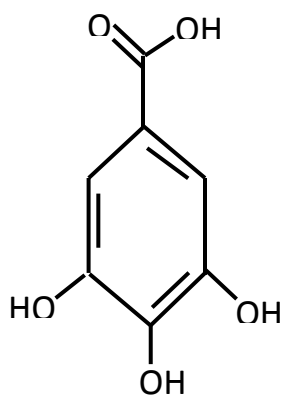


Figura 6. Estructura química del ácido gálico.

Fuente: Diaz, *et al.* (2007)

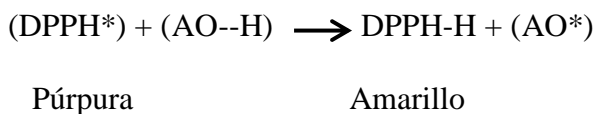
2.2.7 Métodos y Fundamento para determinar actividad antioxidante

Leo-Rivas *et al.* (2016), afirman que para medir la actividad o capacidad antioxidante se hace necesario conocer y saber elegir, las herramientas que permita realizar ensayos y contar con información complementaria, para ello aconsejan clasificar a las muestras de plantas, extractos y sus fracciones, en base a su poder antioxidante. Sustentan, que en dichos ensayos se presentan transferencia de electrones y/o hidrogeno, por esto, es importante comprender los mecanismos para interpretar correctamente los resultados. De los métodos existentes (DPPH, ABTS, ORAC, FRAP, etc), según Fernández *et al.* (2006), debido a su fácil uso y accesibilidad, se usa comúnmente el radical estable: el 2,2-difenil-1-picrylhidrazilo (DPPH) y para cruzar los datos, se cuantifica polifenoles totales, expresados como equivalentes de ácido gálico (GAE).

▪ Método DPPH

El DPPH, ensayo estandarizado, se fundamenta en que el electrón desapareado (radical libre) que posee se aparea con el electrón donador de un antioxidante,

entonces el DPPH, se reduce, dando como resultado decoloración del DPPH, de purpura a amarillo, siendo su máxima absorbancia a 517 nm (Plank *et al.*, 2012).



▪ **Método Folin-Ciocalteu – Contenido de Polifenoles Totales**

La cuantificación de Polifenoles Totales realizado se basa en la reacción de los compuestos fenólicos con el reactivo Folin-Ciocalteu a pH básico, manifestado con una coloración azul medido espectrofotométricamente a 726nm. Este reactivo de color amarillo, contiene una mezcla de wolframato sódico y molibdato sódico en ácido fosfórico al reaccionar con los compuestos fenólicos, es reducido (Figura 7), dando lugar a un complejo de color azul intenso, cuya intensidad medida espectrofotométricamente en base a una curva patrón de ácido gálico, depende de la concentración de polifenoles presentes en la muestra (Leo-Rivas *et al.*, 2016).

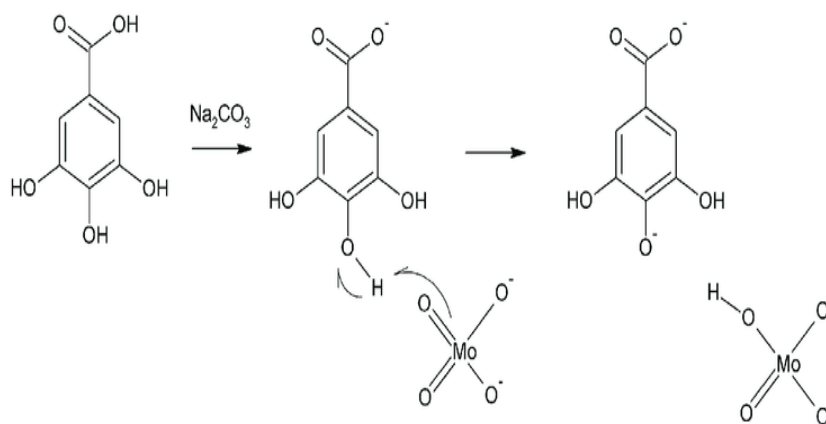


Figura 7 Reacción entre ácido gálico y el reactivo Folin-Ciocalteu.

Fuente: Muñoz – Bernal, *et al.*, (2017)

CAPITULO III MARCO METODOLÓGICO

3.1 Hipótesis central de la investigación

- **En la extracción**

Las condiciones óptimas de la extracción mecánica de hidrocoloides a partir de las hojas de *M. sylvestris* con mayor rendimiento, se presenta con hidratación de 25g. agua/g. hojas por 1 hora y la solubilización por expresión mecánica mediante placas a velocidad de 592 movimientos/min por 180s.

- **En la evaluación reológica**

A incrementos de sólidos de 0.7 a 2.1% (%w/v) y temperatura de 20 a 40°C, los hidrocoloides extraídos de hojas de *Malva sylvestris* en dispersión presentan comportamiento no newtoniano-pseudoplástico.

- **En la evaluación de la actividad antioxidante**

A incrementos de temperatura de 20 a 40°C, los hidrocoloides extraídos de hojas de *M. sylvestris* en dispersión aumentan su actividad antioxidante.

3.2 Variables e indicadores de la investigación

Las variables y sus respectivos indicadores de cada una de las etapas de la investigación se presentan en los cuadros 2, 3, 4 y 5.

3.2.1 Extracción de hidrocoloides

▪ Hidratación

En el cuadro 2, se describen las variables independientes y dependientes relacionados a la primera etapa de la extracción de hidrocoloides, que fue la hidratación, de los sólidos en forma de polvo, obtenidos de las hojas de *M. sylvestris* luego de ser secadas y trituradas.

Cuadro 2. Operacionalización de variables en la hidratación.

Tipo de variable	Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicador	Rango	Tipos de variables
Variable Independiente	Relación solvente/soluto	Es el nivel de solvente en relación con una cantidad de soluto para formar una mezcla homogénea	Son los gramos de agua mezclados con gramos de hojas en polvo de Malva sylvestris para formar una mezcla homogénea	g de agua/g de hojas en polvo de malva	15 - 25	continua
Variable Independiente	Tiempo de hidratación	Es el tiempo que emplean los sólidos para fijar el agua en el seno de su estructura de manera homogénea	Es el tiempo que tardan los hidrocoloides de las hojas de Malva en polvo en fijar el agua	Tiempo (min)	30 - 90	continua
Variable Dependiente	Densidad	Es la relación entre la masa y volumen de una sustancia	Es la relación entre la masa formado por la mezcla de gramos de agua con gramos en polvo y su volumen correspondiente	g/ml	> 0.9	continua
	Rendimiento en la extracción	Es la cantidad de principios activos obtenido por cada gramo de hojas	Es el tanto por ciento en peso de los gramos de hidrocoloide obtenido por cada gramo de hoja en polvo de malva, Alto $\geq 15\%$, Medio $10\% \leq$ Medio $< 15\%$ y Bajo $< 10\%$	% (W/W)	0 - 100	continua

▪ **Solubilización**

En el cuadro 3, se describen las variables independientes y dependientes relacionados a la segunda etapa de la extracción de hidrocoloides, que fue la solubilización de los sólidos en forma de polvo de hojas de *M. sylvestris* hidratados, realizado por un tiempo de expresión mecánica.

Cuadro 3. Operacionalización de variables en la solubilización.

Tipo de variable	Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicador	Valores finales	Tipos de variables
Variable Independiente	Expresión mecánica	Es la separación debido a la presión ejercida sobre los tejidos de las raíces, tallos y hojas de las plantas, provocando incisiones por donde emigran los fluidos.	Es la liberación de los hidrocoloides hidratados mediante rotura de los tejidos de las hojas de malva en polvo con placas con una presión de 53 db a diferentes velocidades (movimientos/min).	Movimiento/min	424; 508; 592	continua
Variable Independiente	Tiempo de expresión	Es el tiempo en que se somete a presión los tejidos de las raíces, tallos y hojas de las plantas para separar los componentes.	Es el tiempo (s) en que se somete a presión las hojas en polvo de malva para separar los hidrocoloides.	Tiempo (s)	60; 120; 180	continua
Variable Dependiente	Hidrocoloide en dispersión acuosa	Es la cantidad de hidrocoloides dispersos en medio acuoso.	Son los gramos de hidrocoloides obtenidos en dispersión en agua, separados mediante centrifugación luego del estrujado de las hojas de Malva sylvestris molidas e hidratadas.	g	>100	continua

3.2.2 Comportamiento reológico de hidrocoloides

En el cuadro 4, se describen las variables independientes y dependientes relacionados a la evaluación del comportamiento reológico de los hidrocoloides, como la temperatura, concentración e índice de comportamiento del fluido.

Cuadro 4. Operacionalización de variables en el comportamiento reológico.

Tipo de variable	Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicador	Valores finales	Tipos de variables
Variable Independiente	Temperatura de la dispersión de hidrocoloide	Es el nivel de calor que recibe un cuerpo en estado sólido, líquido o gas, medido a través de un termómetro con una escala graduada	Es el nivel de calor que reciben los hidrocoloides de malva disueltos en agua y medida en la escala centígrada	°C	20; 30; 40	Continua
Variable Independiente	Concentración de la dispersión de hidrocoloides	Es el número de gramos de un soluto disuelto en un volumen de disolvente.	Es el número de gramos de hidrocoloides disueltos en 100ml de agua	%W/V	0.7; 1.4; 2.1	Continua
Variable Dependiente	Comportamiento reológico	Es el estudio de la relación entre el esfuerzo y la deformación de la materia cuando está dispuesta a diferentes condiciones y es representado en una gráfica y ecuación matemática para así determinar el tipo de fluido.	Es la determinación del índice de comportamiento de flujo (n), luego de relacionar el esfuerzo cortante y la deformación de los hidrocoloides de malva en dispersión, cuando están dispuestos a diferentes temperaturas y concentraciones, donde si viscosidad es constante es fluido newtoniano y si es variable es fluido no newtoniano.	n	- Fluido Newtoniano (n=1) - Fluido No newtoniano (n≠1)	Ordinal

3.2.3 Actividad Antioxidante

En el cuadro 5, se detallan las variables independientes y dependientes relacionados a la evaluación de la actividad antioxidante de los hidrocoloides, como la temperatura y la capacidad de secuestrar radicales libres y la concentración de polifenoles.

Cuadro 5. Operacionalización de variables en la actividad antioxidante.

Tipo de variable	Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Valores finales	Tipos de variables
Variable Independiente	Temperatura de la dispersión de hidrocoloide	Es el nivel de calor que recibe un cuerpo en estado sólido, líquido o gas, medido a través de un termómetro con una escala graduada	Es el nivel de calor que reciben los hidrocoloides de malva disueltos en agua y medida en la escala centígrada	°C	20; 40; 60; 80	Continua
Variable Dependiente	Actividad antioxidante	Es la capacidad que tienen los antioxidantes por captar radicales libres.	Es la capacidad de los antioxidantes presentes en los hidrocoloides de malva por secuestrar al radical libre 1,1- diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH), expresado en términos de mM Trolox	mM. Trolox/g muestra	≥ 0	Continua
	Compuestos Fenólicos Totales	Es la cantidad de fenoles presente en una muestra	Es la cantidad de fenoles presentes en los hidrocoloides en dispersión, calculados mediante la propiedad que tienen de reaccionar frente a agentes oxidantes.	mg. AGE/100g muestra	≥ 0	Continua

3.3 Métodos de la investigación

- **Según su finalidad:** Aplicada

Se utilizó los conocimientos para determinar las condiciones óptimas de la extracción mecánica de hidrocoloides con máximo rendimiento a partir de las hojas de Malva sylvestris, conservando sus características y propiedades naturales, así como, para conocer su comportamiento reológico y actividad antioxidante.

- **Según su objetivo gnoseológico:** Cuantitativa – explicativa

Los datos recopilados fueron procesados y examinados a través de la estadística, donde se analizó e interpretó en base a la correlación de las variables dependientes e independientes para arribar a las conclusiones según los objetivos planteados.

- **Según el control de variables:** Experimental

Consistió en manipular bajo un estricto control las variables de la investigación de acuerdo al diseño experimental como: hidratación y solubilidad en la etapa de la extracción, temperatura y concentración en la etapa del estudio del comportamiento reológico y actividad antioxidante de los hidrocoloides.

- **Según su contexto:** De laboratorio

El experimento se realizó en un laboratorio especializado, donde se instaló y puso en marcha los equipos e instrumentos a utilizar en cada una de las etapas de la investigación.

- **Según la temporalidad:** Transversal

Se recolectaron datos a partir del quinto mes de 2019, conforme a la planificación e instalación, los mismos que sirvieron para determinar y explicar las condiciones óptimas de la extracción mecánica de hidrocoloides con máximo rendimiento a partir de las hojas de malva, y en dispersión, al variar la concentración y temperatura qué comportamiento reológico y actividad antioxidante presentaron.

3.4 Diseño de la investigación

La investigación conforme se muestra en la figura 8, comprendió dos etapas: En la primera, se extrajo los hidrocoloides a partir de las hojas de *M. sylvestris*, donde los datos experimentales tratados estadísticamente, permitieron optimizar las condiciones de hidratación y solubilidad para alcanzar un máximo de rendimiento, y en la segunda, se determinó el comportamiento reológico y actividad antioxidante en función de la variación del contenido de sólidos y temperatura de la dispersión de hidrocoloides.

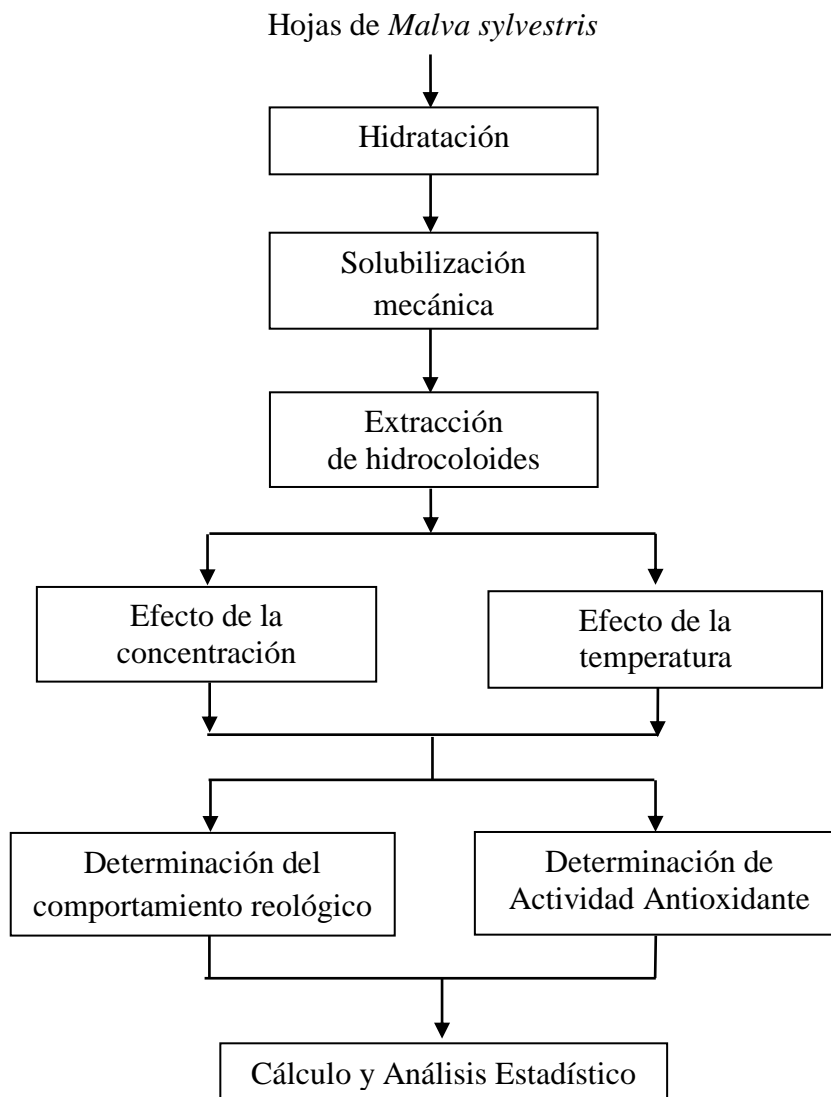


Figura 8. Etapas del proceso de investigación.

3.4.1 Diseño en la extracción de hidrocoloides

El experimento fue conducido con Diseño Factorial del tipo Diseño Central Compuesto Rotable (DCCR), propuesto por Montgomery (2004), bajo el modelo 3^k , con $k=2$. Mediante el software Statgraphics Centurión y la aplicación del método de Superficie de Respuesta para 2 variables, 3 niveles y 3 repeticiones, se determinó realizar al azar, 27 ensayos, según se detalla en los cuadros 6 y 7.

Cuadro 6. Variables independientes en la extracción de hidrocoloides.

N°	Variables	Unid.	Niveles		
			-1	0	1
X1	Hidratación celular	(g. agua/g. polvo de hojas)	15	20	25
X2	Tiempo de Hidratación	(min)	30	60	90

Cuadro 7. Disposición de los ensayos según variables codificadas y reales.

Ensayos/Repeticiones	X ₁	X ₂	X ₁	X ₂
1	-1	-1	15	30
2	1	-1	25	30
3	-1	1	15	90
4	1	1	25	90
5	-1	-1	15	30
6	1	-1	25	30
7	-1	1	15	90
8	1	1	25	90
9	-1	-1	15	30
10	1	-1	25	30
11	-1	1	15	90
12	1	1	25	90
13	-1	-1	15	30
14	1	-1	25	30
15	-1	1	15	90
16	1	1	25	90
17	-2	0	10	60
18	2	0	30	60
19	0	-2	20	0
20	0	2	20	120
21	0	0	20	60
22	0	0	20	60
23	0	0	20	60
24	0	0	20	60
25	0	0	20	60
26	0	0	20	60
27	0	0	20	60

Los resultados de los ensayos de la hidratación fueron evaluados mediante la variable respuesta rendimiento (%p/p) de hidrocoloides extraídos y la aplicación de la prueba F (ANAVA) con 95% de confiabilidad para determinar el grado de significancia entre los factores y su interacción, conforme se muestra en el cuadro 8.

Cuadro 8. ANAVA para evaluar hidratación en la extracción de hidrocoloides.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	CM	Razón-F	Valor-P
A: Hidratación		1			
B:Tiempo Hidratación		1			
AA		1			
AB		1			
BB		1			
Bloques		2			
Error Total		19			
Total		26			

Mediante análisis de regresión múltiple, se determinó el modelo matemático que predijo el máximo rendimiento en la extracción de hidrocoloides bajo parámetros óptimos de la hidratación. Finalmente, para validar el modelo matemático, se realizó la extracción de hidrocoloides con dichos parámetros por tres repeticiones y se calculó la desviación estándar entre el rendimiento predicho y experimental.

3.4.2 Del comportamiento reológico

Según Montgomery (2004), por la relación entre las dos variables de estudio y sus interacciones, el experimento fue conducido por el Diseño Factorial de 3 x 3 en Diseño Completamente al Azar (DCA), donde la variable Concentración (A) y Temperatura (B) fueron dispuestas conforme se muestra en la figura 9.

El modelo estadístico lineal propuesto por Montgomery (2004), para la evaluación es:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Índice de consistencia

μ = Media general

A_i = Efecto de la concentración: a_0 ; a_1 ; a_2 (0.7; 1.4; 2.1% p/v)

B_j = Efecto de la temperatura: b_0 ; b_1 ; b_2 (20; 30; 40°C)

$(AB)_{ij}$ = Efecto de la interacción Concentración-Temperatura

E_{ijk} = Efecto del error experimental

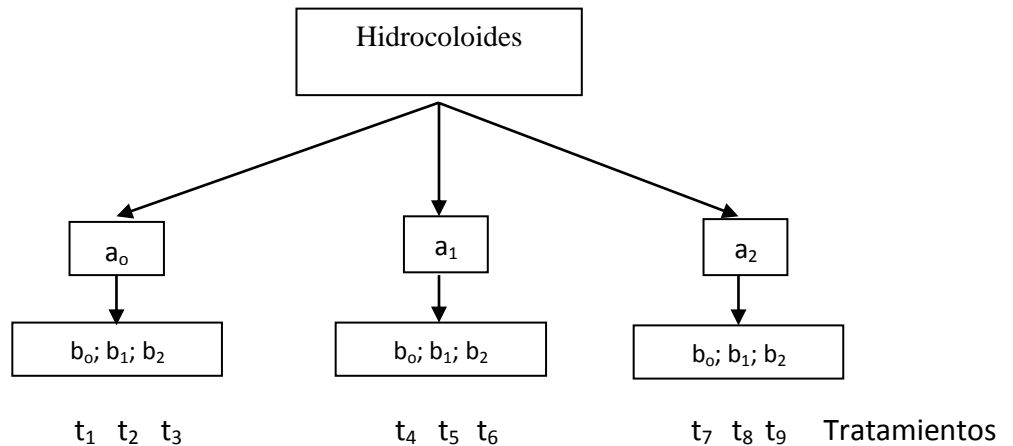


Figura 9. Disposición experimental para la evaluación reológica.

Prueba de Hipótesis según Montgomery (2004), en la evaluación reológica fue:

1. Para factor A:

$$H_0: a_0 = a_1 = a_2$$

$$H_a: a_0 \neq a_1 \neq a_2$$

2. Para factor B:

$$H_0: b_0 = b_1 = b_2$$

$$H_a: b_0 \neq b_1 \neq b_2$$

3. Para interacción AB:

$$H_0: a_0 b_0 = a_0 b_1 = a_1 b_0 = a_1 b_1 = a_2 b_0 = a_2 b_1 \dots$$

$$H_a: a_0 b_0 \neq a_0 b_1 \neq a_1 b_0 \neq a_1 b_1 \neq a_2 b_0 \neq a_2 b_1 \dots$$

- Según Montgomery (2004), se aplicó la prueba F, con 95% de confianza se realizó ANAVA, para evaluar el efecto de la concentración y temperatura en forma individual y combinada en el índice de consistencia, según el cuadro 9.

Cuadro 9. ANAVA para Índice de consistencia según concentración y temperatura.

Fuente de variación	Gl	SC	CM	F _{exp}	F _{tab}	SIGN
Efecto de A	a-1=2					
Efecto de B	b-1=2					
Efecto de Int. AB	(a-1)(b-1)=4					
Error experimental	18					
Total	abr-1=26					

- Según Montgomery (2004), para los casos que mediante la prueba F, las fuentes de variación mostraron ser significativos, se aplicó la Prueba de Comparación de medias o Tukey, con 95% de confianza a fin de detectar diferencias entre cada una de ellas.

3.4.3 De la actividad antioxidante

Según Montgomery (2004), para una variable de estudio, el experimento fue conducido por el Diseño Completamente al Azar (DCA), donde la variable Temperatura (A) fueron dispuestos conforme se muestra en la figura 10.

El modelo estadístico lineal propuesto por Montgomery (2004), para la evaluación es:

$$Y_i = \mu + A_i + E_i$$

Donde:

- Y_{ijk} = % de inhibición del DPPH y Polifenoles Totales
- μ = Media general
- A_i = Efecto de temperatura: a_0 ; a_1 ; a_2 ; a_3 (20; 40; 60; 80°C)
- E_i = Efecto del error experimental

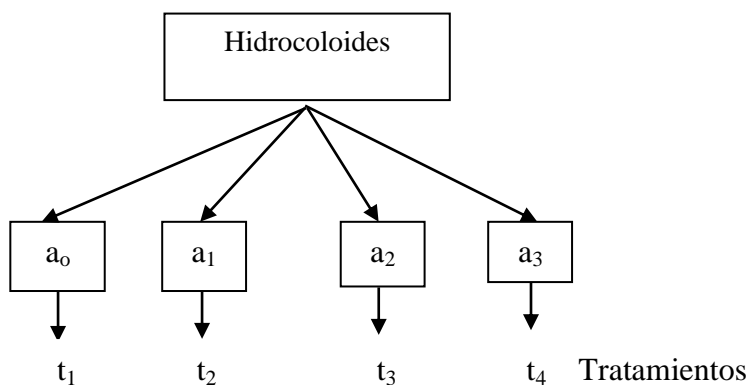


Figura 10. Disposición experimental para la actividad antioxidante.

Prueba de Hipótesis según Montgomery (2004), en la evaluación reológica y actividad antioxidante es:

- **Para temperatura:**

$$H_0: a_0 = a_1 = a_2 = a_3$$

$$H_a: a_0 \neq a_1 \neq a_2 \neq a_3$$

- Según Montgomery (2004), para la prueba F, con 95% de confianza se realizó el ANAVA, para evaluar el efecto de la temperatura en la actividad antioxidante, según el cuadro 10.

Cuadro 10. ANAVA para el efecto de temperatura en la actividad antioxidante.

Fuente de variación	Gl	SC	CM	Fexp	Ftab	SIGN
Efecto de A (Temperatura)	a-1=3					
Error experimental	8					
Total	ar-1=11					

- Según Montgomery (2004), para los casos que mediante la prueba F, las fuentes de variación mostraron ser significativos, se aplicó la Prueba de Comparación de medias o Tukey, con 95% de confianza a fin de detectar diferencias entre cada una de ellas.

3.5 Población y muestra

3.5.1 Población

La población en estudio fueron las plantas de *M. sylvestris* ubicadas en la Junta Vecinal 21 de Febrero, distrito de Neshuya, provincia del Padre Abad, departamento de Ucayali, Perú.

3.5.2 Muestra

La muestra estuvo representada por 3 lotes de 5kg de hoja de malva cada uno, con tamaño y color verde homogéneo, recolectadas en fase de floración y secadas mediante energía solar para evitar marchitez y/o fermentaciones, luego envasadas en bolsas de polietileno y empacadas en cajas de cartón corrugadas para ser trasladado vía terrestre hasta las instalaciones de los laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la UNS.

3.6 Actividades del proceso investigativo

3.6.1 En la extracción de hidrocoloides

La extracción de hidrocoloides a partir de hojas de *M. sylvestris*, se realizó modificando el método propuesto por Samavati y Manoochehrizade (2013), conforme se muestra en las figura 11 y 12 y consistió de las siguientes etapas:

- **Recolección y lavado**

Las hojas en muestras de 5kg fueron recolectadas manualmente de plantas en floración en las tres primeras semanas de mayo del 2019, bajo condiciones ambientales de $29^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ y 98% de humedad relativa. Estas de tamaño y color verde homogéneo se lavaron por inmersión con agua potable.

- **Secado y Deshidratación**

Las hojas recolectadas y lavadas, conforme a la figura 11, se secaron en campo bajo sombra a temperatura de 27 a 29°C y humedad relativa del 98% por 4 horas, hasta humedad promedio de $18\pm 2\%$, luego embaladas mediante papel aluminio y empacadas en cajas de tecnopor y cajas de cartón corrugado para ser transportadas hasta ser dispuestos en laboratorio para ser deshidratadas mediante deshidratador de bandejas a 50°C x 1 m/s de velocidad de aire por 5 horas, hasta alcanzar humedad de 6.5 – 7.0% (Otazu, 2010).

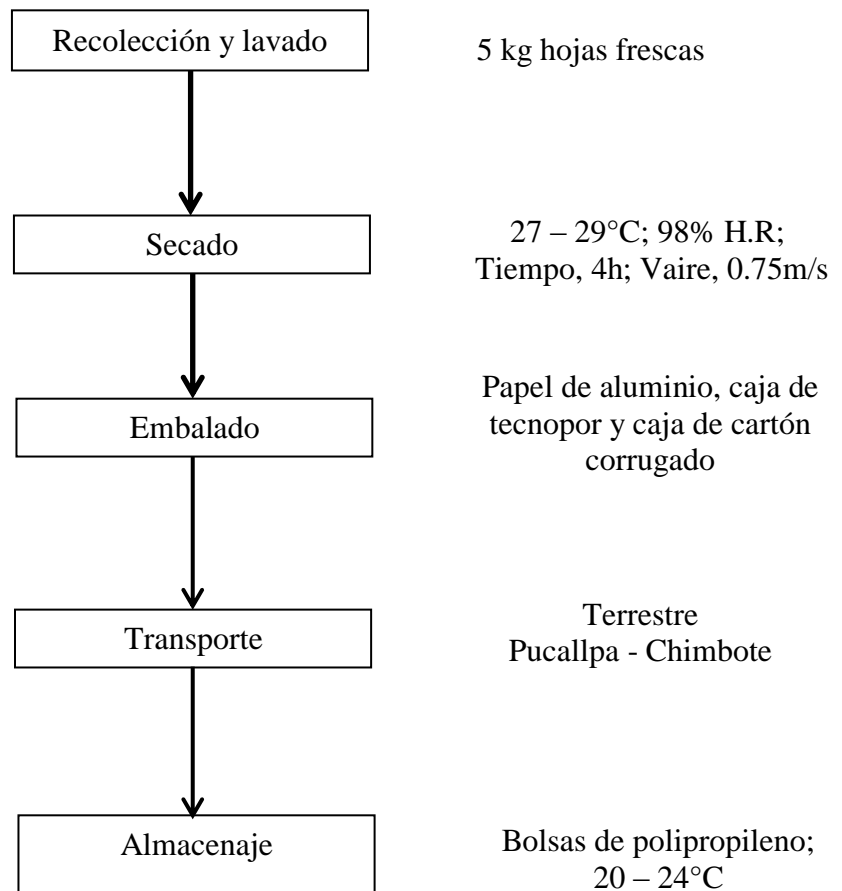


Figura 11. Proceso de secado de hojas de *Malva sylvestris*.

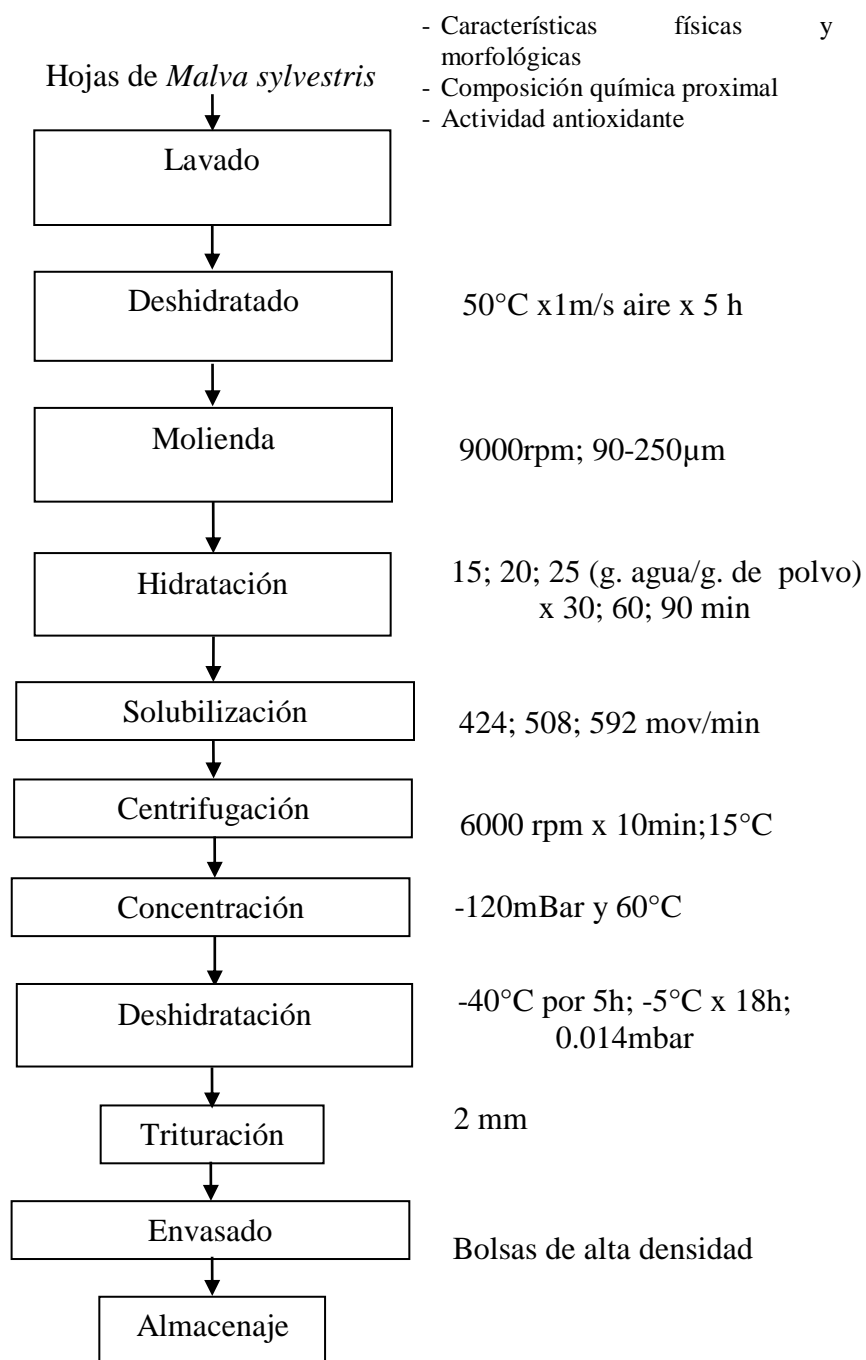


Figura 12. Proceso para extraer hidrocoloides de hojas de *Malva sylvestris*.

- **Molienda**

Las hojas deshidratadas, fueron trituradas mediante molino ultra centrifugo a 9000rpm hasta tamaño de partículas en el rango de 90 - 250 μm (Retsch, 1985). En esta etapa, el polvo fino fue caracterizado mediante análisis químico proximal.

- **Hidratación**

Se hidrató el polvo de hojas, en volúmenes de 200ml, en inmersión en agua destilada a pH de 6.8, en proporciones de 15, 20 y 25 (g. de agua/g. de polvo) y homogenizados mediante agitación mecánica por 1 minuto, luego dispuestos en reposo por tiempos de 30, 60 y 90 min, para ser evaluada mediante la densidad de las mezclas.

- **Solubilización**

Las hojas en polvo hidratadas, se solubilizaron por expresión mecánica mediante un homogenizador (Stomacher – 400) de palas a presión de 53db, con 592 movimientos/min por 180segundos, velocidad establecida mediante las gomas (g) extraídas a partir de la hidratación de 20 g. de agua/g. de hojas en polvo por 60 min y sometidos a presión mecánica de 53db con 424, 508 y 592 movimientos/min por 60, 120 y 180 segundos (Retsch, 1985).

- **Centrifugación**

Para separar los hidrocoloides en solución de los residuos sólidos insolubles, se centrifugó a 4000rpm, 10min y a 15°C.

- **Concentración**

Los hidrocoloides en dispersión dispuestos en 400ml, mediante rotavapor (Modelo IKA HB 10) a -120mBar y 60°C, por 130min, se concentraron hasta la mitad del volumen inicial.

- **Deshidratación**

Los hidrocoloides en dispersiones concentradas fueron deshidratadas, 50°C x 1 m/s de velocidad de aire por 5 horas, hasta alcanzar humedad de 6.5 – 7.0%.

- **Trituración y envasado**

Mediante mortero, se trituraron los hidrocoloides hasta tamaño de 2 mm de diámetro y envasados en bolsas de polietileno de alta densidad.

- **Almacenaje**

El producto envasado fue almacenado en lugar oscuro a temperatura ambiente hasta su determinación del comportamiento reológico y actividad antioxidante.

3.6.2 En la optimización de la hidratación para la extracción de hidrocoloides

La hidratación fue evaluada mediante:

- **La densidad de las mezclas agua/soluto**

Las hojas en polvo (8; 10 y 13.33g) dispuestas en agua destilada con volumen constante de 200ml., formaron mezclas en proporciones de 25; 20 y 15 g de agua/g de polvo respectivamente, éstas, vertidas en probeta del mismo volumen, luego de ser agitadas por 1 min, fueron mantenidas por 90min en completo reposo y evaluadas cada 30min mediante la densidad (g/ml).

- **La hidratación y el rendimiento durante la extracción**

Con el software Statgraphics Centurión y la aplicación del método de Superficie de Respuesta y diseño factorial de 3^2 con 3 repeticiones, se determinó realizar 27 ensayos en forma aleatoria, donde los factores fueron:

Hidratación: 15; 20; 25; g agua/g polvo

Tiempo de hidratación: 30; 60 y 90min

3.6.3 Optimización de la solubilidad en la extracción de hidrocoloides

La solubilidad se realizó luego de la hidratación de 20 g. de agua/g. de polvo en polvo por 60 min, sometiéndole a presión mecánica de 53db con 424, 508 y 592 movimientos/min por 60, 120 y 180 segundos (Retsch, 1985), el cual fue evaluada mediante los hidrocoloides (g) en dispersión extraídos.

3.6.4 Evaluación del comportamiento reológico

Se utilizó la metodología descrita en el protocolo del Reómetro Brookfield, conforme se muestra en la figura 13. Se prepararon muestras de dispersiones homogéneas de hidrocoloides al 0.7, 1.4 y 2.1% (p/v) en volúmenes de 100 ml. Mediante el Software Rheo3000 del reómetro, se programó las rampas de ida y vuelta con 20 puntos, y velocidades de corte de 40 a 100s⁻¹ a temperaturas de 20, 30 y 40°C. Como resultados se obtuvo el Esfuerzo de corte (σ) y las ecuaciones ajustadas a un modelo, conteniendo el índice de comportamiento de flujo (n) y el índice consistencia (k) y se evaluó el efecto de la temperatura y el contenido de sólidos mediante la ecuación de Arrhenius y la ecuación propuesta por Ibarz (2006).

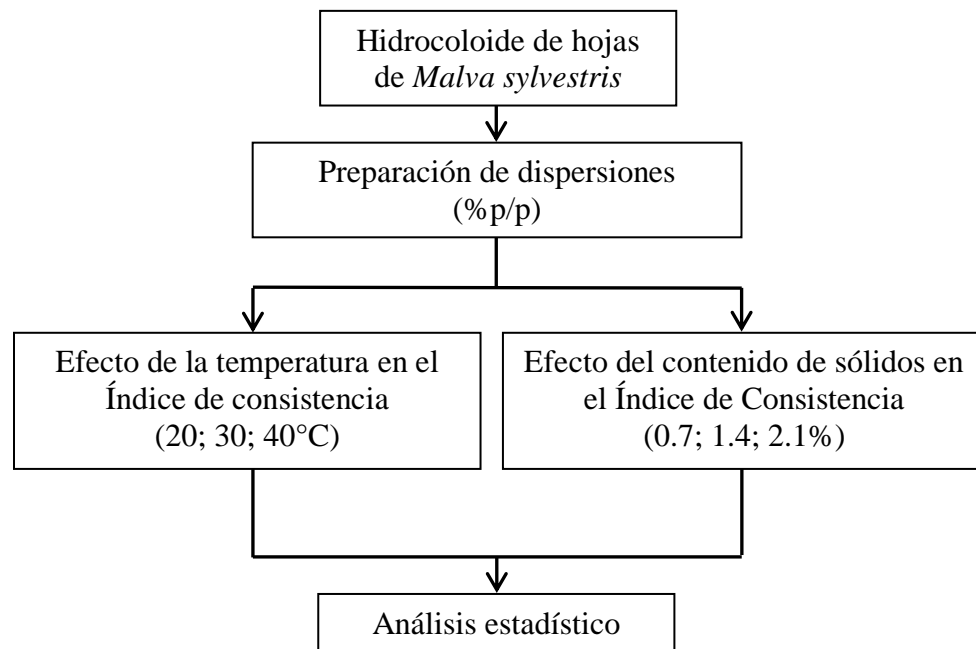


Figura 13. Esquema experimental para el comportamiento reológico.

3.6.5 Evaluación de la actividad antioxidante

La actividad antioxidante fue evaluada conforme a lo descrito en la figura 14, donde los ensayos se realizaron en los hidrocoloides extraídos de dicha planta acondicionados mediante baño maría a 20; 40; 60 y 80°C. La actividad antioxidante se realizó mediante los métodos de DPPH y Folin-Ciocalteu.

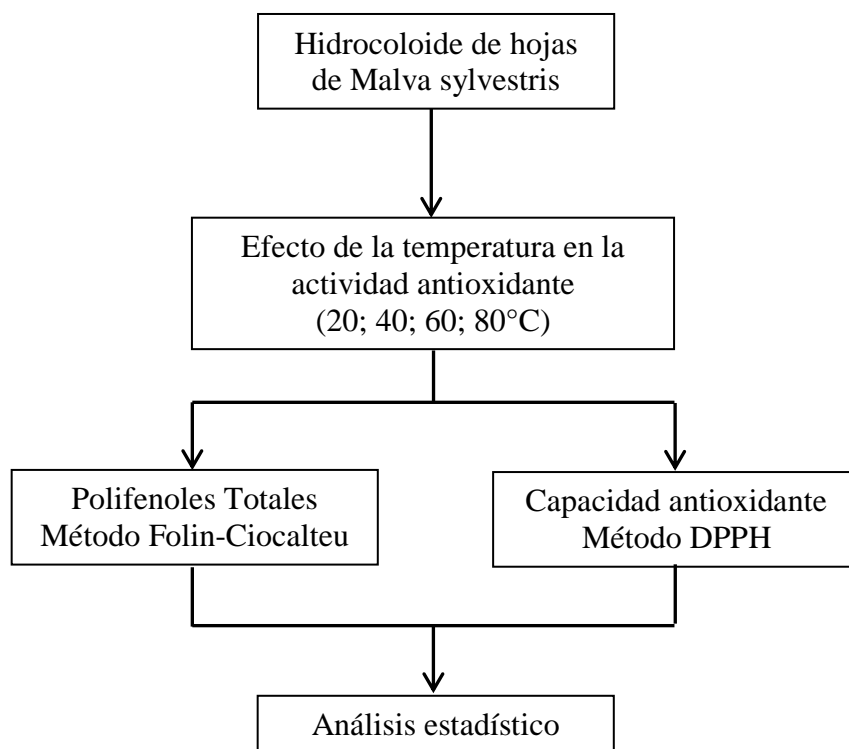


Figura 14. Esquema experimental para la evaluación de actividad antioxidante.

3.7 Técnicas e instrumentos de la investigación

3.7.1 Técnicas

Las técnicas empleadas en cada una de las etapas de la investigación en concordancia con el diseño experimental fueron las siguientes:

- **En la extracción de hidrocoloides**

Para la extracción, primero se determinó las condiciones de la hidratación mediante la medición de la densidad (g/ml) de las mezclas formadas entre el agua destilada (solvente) y las hojas en polvo (solute), segundo, se evaluó las condiciones de solubilidad mediante el peso (g.) de los hidrocoloides obtenidos por expresión mecánica mediante homogenizador de placas a diferentes velocidades, y tercero, se calculó el rendimiento (%), a partir de los gramos de hidrocoloides extraído por gramo de hojas en polvo empleado.

- **En la evaluación reológica de los hidrocoloides**

La reología de los hidrocoloides se realizó midiendo la viscosidad de las dispersiones de hidrocoloides a diferentes concentraciones, a partir de la relación entre los esfuerzos de corte (Pa) y su respectiva velocidad de deformación (s^{-1}), para esto se empleó un reómetro, para luego representar mediante una ecuación y determinar el tipo de fluido a que corresponde.

- **De la determinación de actividad antioxidante**

El cálculo de la actividad antioxidante total (mMol ET/100 g muestra) y polifenoles totales (mgAG/100g. muestra), para ambos, se realizó con la aplicación de los métodos DPPH y Folin-Ciocalteu respectivamente, haciendo uso de la técnica espectrofotométrica consistente en la medición de color.

3.7.2 Instrumentos

- Estufa. Poleko-aparatura.
- Mufla. Furnace 1400. Barnstead.
- Balanza Analítica. Precisa Gravimetrics AG. Con sensibilidad de 0.0001g.
- Balanza de precisión. Precisa XB 320M.
- Termómetro de 0-100°C.
- Rotavapor a vacío
- Molino ultracentrifugo. Retsch ZM200.
- Vibrador de Tamices. Retsch AS 200 basic.
- Deshidratador de bandejas
- Soxhlet
- Digestor de proteínas
- Centrifuga refrigerada
- Liofilizador
- Espectrofotómetro UV. Modelo Perkins – Elmer – USA
- Homogeneizador. Stomacher Paddle Blender Typ PB100. Retsch
- Reómetro Brookfield modelo RS/PLUS Rheometer, 2010

3.8 Procedimiento para la recolección de datos

3.8.1 Determinación de las medidas de longitud y peso de las hojas de malva.

Mediante regla graduada se tomaron medidas de longitud diametral y transversal y con balanza analítica se determinó el peso de las hojas frescas.

3.8.2 Determinación del análisis proximal de las hojas de *Malva sylvestris* en polvo.

- **Humedad**

Se pesaron 2 gramos de polvo de hojas de *M. sylvestris* en una cápsula y se llevó a estufa con circulación de aire a 130 °C, durante 1 hora hasta peso constante. Con la cantidad de agua eliminada dividida entre el peso de muestra húmeda y seca multiplicada por 100, se determinó el porcentaje (%) de humedad en base húmeda (bh) y base seca (bs) del polvo de hojas (AOAC, 1995).

- **Cenizas**

Las muestras entre 3 y 5g de polvo de *M. sylvestris* fueron deshidratadas y colocadas en mufla a 550°C, por 2 horas para incineración; la ceniza obtenida fue pesada y dividida entre el peso de muestra húmeda y seca y multiplicada por 100 para ser expresado en porcentaje en base húmeda y seca respectivamente (AOAC, 1995).

- **Grasas**

La muestra deshidratada entre 3 – 5 g de polvo de *M. sylvestris* fue dispuesto en cartucho e instalado en un equipo Soxhlet, que mediante reflujo de hexano en su punto de ebullición, se separó la grasa en un balón de fondo plano, el cual pesado y dividido entre el peso de muestra húmeda y seca y multiplicada por 100, se expresó en porcentaje la grasa en base húmeda y seca respectivamente (AOAC,1995).

- **Proteínas**

Mediante el método de Kjeldhal descrito por la AOAC (1995), las muestras de polvo deshidratada entre 3 – 5g se sometieron a digestión química mediante ácido sulfúrico a ebullición durante 3 h aproximadamente, al cabo del cual, la solución clara obtenida fue destilada mediante vapor de agua, donde los gases de amonio (NH_3) separados fueron arrastrados y condensados hasta obtener un líquido con comportamiento básico, el cual fue valorado con ácido clorhídrico al 0.25 mol/l hasta un ligero color violeta. Con la concentración y el volumen de HCl gastado en la valoración, se calcula el contenido de nitrógeno y luego el % de proteína en la muestra de polvo de hojas.

- **Determinación de carbohidratos**

Por diferencia entre el 100% - Humedad – ceniza – grasa -y proteína (AOAC, 1995).

3.8.3 Determinación del rendimiento (%) de la extracción en hidrocoloides de las hojas de malva.

Para la determinación del rendimiento por triplicado se registró el peso (m_1) de una muestra de hojas de malva en polvo seco y el peso (m_2) de los hidrocoloides extraídos secos de esa misma muestra. Con los datos de m_1 y m_2 y aplicando la siguiente ecuación patentada por WO2008044908A2, se calculó el rendimiento.

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{m_2}{m_1} \times 100$$

3.8.4 Evaluación del comportamiento reológico de los hidrocoloides

La evaluación reológica se efectuó utilizando un Reómetro Brookfield modelo RS/PLUS Rheometer, 2010, conforme se observa en la figura 15.

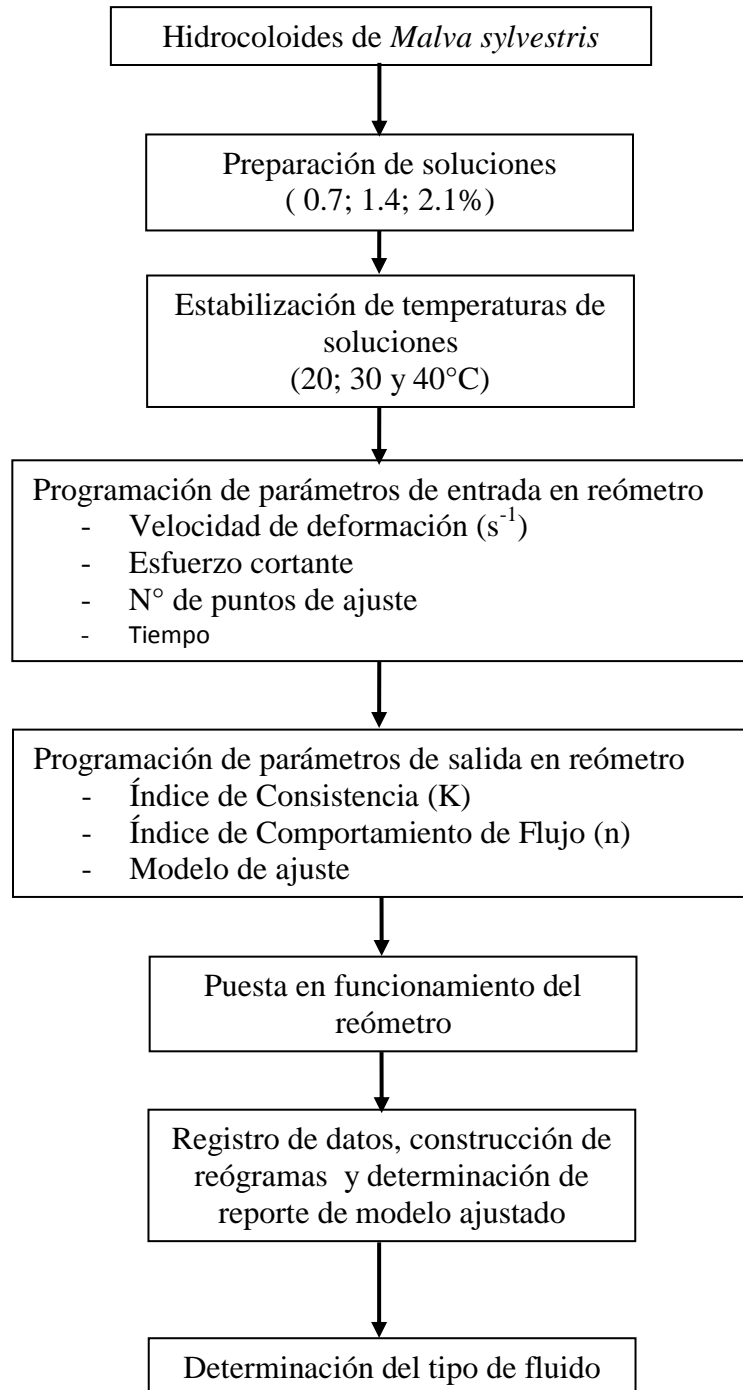


Figura 15. Diagrama de flujo para evaluar el comportamiento reológico de hidrocoloides.

3.8.5 Actividad antioxidante de los hidrocoloides

La actividad antioxidante en los hidrocoloides de *M. sylvestris* L se realizó aplicando el método DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidracil), adaptado de la metodología original propuesto por Plank *et al.* (2012), conforme se describe a continuación:

- Preparación de reactivos

Solución de DPPH (40mg/L): Se pesó 40 mg de DPPH en papel aluminio, luego se llevó a una fiola de 1L y se añadió 500 ml de metanol HPLC. Se cubrió la fiola con papel aluminio y se agitó por 20 minutos (agitador magnético), a este, se añadió 500 ml de agua destilada y se agitó por otros 20 minutos. Seguidamente se completó el volumen con metanol. Se agitó una tercera vez por 10 minutos y se trasladó a un envase ámbar cubierto con papel aluminio. Se debe proteger esta solución de la luz en todas las etapas y se hizo esta solución para cada día, antes del análisis. **Nota:** la solución DPPH es color morada, no almacenable.

Estándar de Trolox (50 mg/10ml): Se pesó 50.00 ± 0.1 mg de Trolox en papel aluminio y se transfirió a una fiola de 100 ml y agregando 50 ml de metanol HPLC. Se cubrió la fiola con papel aluminio y se agitó con magneto por 5 minutos. A éste, se le agregó 50 ml de agua destilada. Posteriormente se agitó con magneto por 5 minutos y se completó con metanol HPLC. Inmediatamente se transfirió el preparado a un tubo Falcon de 50 ml. Nota: la solución estándar de Trolox es transparente y almacenable a 4 °C por hasta 2 semanas cubierto con papel aluminio.

- **Preparación de la muestra**

Se pesó 1g de goma de malva en una vial con tapa y agregó 4 ml de metanol, luego fue agitado en un vortex durante 10 minutos para homegenizar las muestra, se dejó reposar durante 24h. y se centrifugó a 3500 rpm durante 10 minutos.

- **Determinación de la curva patrón**

La curva patrón permitió encontrar 3 valores que se requirieron para el cálculo final de actividad antioxidante y son:

- Pendiente Trolox: pendiente de la ecuación de curva de patrón.
- Blanco teórico: intercepto de la ecuación de curva patrón.
- Abs blanco: la mitad del intercepto de curva patrón.

La curva debe presentar un $R^2 > 0.99$ ploteando absorbancias vs mg Trolox/100 ml vs, como sigue:

- ✓ Se tomó alícuotas de 25, 50, 75, 100 uL del estándar stock de Trolox (50 mg/100mL) y se verte en tubos de falcón de 50 ml de cap. (cada punto por triplicado).
- ✓ Se adiciono 6.25 ml de solución de DPPH
- ✓ Se cerró bien los tubos y se llevó a incubación en baño maría con agitación a 35 °C por 1 hora.
- ✓ Se realizó la lectura a $\lambda=517\text{nm}$ previamente utilizando el blanco de agua destilada.

Para determinar la actividad antioxidante de la muestra en un mmol ET/100 g m (bs) se realizaron los siguientes cálculos:

$$\text{Abs neta} = \text{blanco teorico} - \text{Abs a 517 nm}$$

Dónde:

Blanco teórico es el intercepto de la curva patrón y la Abs a 517 nm es la absorbancia promedio de cada muestra.

$$\text{Masa Blanco (g)} = \frac{(\text{Abs blanco} - \text{Y intercepto})}{\text{pendiente}}$$

Dónde:

Abs blanco: determinado en curva patrón

Y intercepto y pendiente: intercepto y pendiente de la ecuación peso corregido y absorbancia neta de la muestra

Finalmente se reemplaza datos en la ecuación siguiente:

$$\text{AAT} = \frac{\text{Factor Trolox} * \text{Abs Blanco}}{\text{Masa Blanco} * |\text{pendiente Trolox}|}$$

Dónde:

AAT = actividad antioxidante total (mMol ET/g muestra)

Factor Trolox: 391 546 $\mu\text{mol ET}/100 \text{ g}$ (Plank et al. 2012)

Pendiente Trolox: pendiente de curva patrón.

3.8.6 Polifenoles Totales

La cuantificación de Polifenoles Totales en los hidrocoloides de *Malva sylvestris* L se realizó aplicando el método Folin-Ciocalteu, siguiendo el procedimiento propuesto por Kurabachew *et al.* (2015), conforme se describe a continuación:

- **Preparación de soluciones**

- **Preparación de la solución stock de ácido gálico**

- Se pesó 25mg de ácido gálico y agregar en una fiola de 100ml y aforar con agua destilada. De esa solución extraer 2ml y agregar a una fiola de 10 ml y enrasar con agua destilada, tapar y mezclar completamente.

- **Preparación de la solución Folin Dennis**

- Se midió 1.25 ml de Folin y agregar en una fiola de 10 ml y aforar con agua destilada.

- **Preparación de la solución de Na₂CO₃**

- Se pesó 2g de Na₂CO₃ y vaciar a una fiola de 10 ml y aforar con agua destilada y calentar (70-80°C) hasta diluir

- **Preparación de la curva estándar**

- Se agregó a 7 tubos de ensayo las cantidades de 150, 300, 600, 900, 1200, 1500 y 180 µL de Acido Gálico, respectivamente. Luego se añadieron a cada tubo de ensayo 300 µL de Folin Dennis, se agitaron y dejaron reposar por 5 min. Luego se añadió a cada tubo 150 µL de Na₂CO₃, se agitaron y enrasaron con agua destilada cada tubo hasta 3750 µL, seguidamente se homogenizaron y dejaron en

reposo por 2 min, al final se realizó la lectura en el espectrofotómetro en absorbancia a 726 nm.

- **Preparación de extracto de muestra**

Se pesó 1g de goma de malva en una vial con tapa y agregarlo 4 ml de metanol, agitó en un vortex durante 10 minutos para homegenizar las muestra, se dejó reposar durante 24 h, posteriormente se centrifugó 3500 rpm durante 10 minutos.

- **Determinación de polifenoles totales**

Se tomó 900 µl del extracto de muestra, agregó 300 µl de Folin, 150 µL de Ca_2CO_3 y aforó hasta 3750 µL con agua destilada. Luego se realizó la lectura en el espectrofotómetro a 726nm la absorbancias obtenida, y se remplazó en la curva de calibrado concentración (mg/L) vs absorbancia. Por medio de la regresión lineal ajustada a cero (0) se determinó la ecuación ($y = bx$) con la cual se pudieron obtener los polifenoles totales expresados en mg ácido gálico/L.

3.9 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Los datos registrados fueron tabulados y procesados mediante los software de hoja de cálculo (EXCEL) y Statgraphics Centurion XVI. El análisis se realizó tomando como referencia la información documentada contrastado con los resultados mostrados en gráficos y parámetros estadísticos.

CAPITULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Características físicas y morfológicas de las hojas de *Malva sylvestris*

La planta de *Malva sylvestris* perteneciente al orden malvales, conforme afirma Gómez *et al.* (2015), se encontraron en los caminos y baldosas, es decir, no existe zonas de cultivo donde tengan un manejo tecnificado, las plantas recolectadas fueron aquellas que desarrollaron flores amarillas y por efecto de factores ambientales conforme sustentan Sánchez *et al.* (2007), presentaron hojas pequeñas, medianas y grandes. De los tres tamaños, por contener más nutrientes (polisacáridos, proteínas y minerales) según afirma Garay (2017), se emplearon las hojas medianas (cuadro 11), con peso fresco promedio de 2.457g y dimensiones que variaron de 112.8 a 150.14mm. Por otro lado, por la forma que se muestra en la figura 16, las hojas fueron acorazonadas con bordes dentados y cinco lóbulos poco profundos.

Cuadro 11. Caracterización morfológica de hojas de *Malva sylvestris*.

Característica	pequeña	mediana	grande
Peso hoja (g)	1.215±0.16	2.457±0.24	3.116±0.62
Dimensiones			
Longitudinal (mm)	97.15±2.64	112.80±3.11	117.67±2.23
Transversal (mm)	145.14±3.51	150.14±3.72	155.33±2.31
Diagonal (mm)	133.2±2.84	144.75±3.81	154.28±3.52

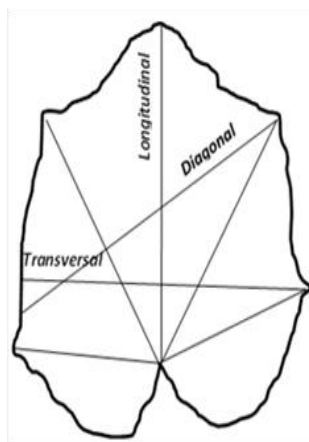


Figura 16. Morfología de la hoja de *Malva sylvestris*.

4.2 Análisis químico proximal de hojas en polvo de *Malva sylvestris*

El polvo de hojas de *M. sylvestris* según el cuadro 12, presentaron altos contenido de carbohidratos (60.52%), bajo nivel de proteínas (15.5%), grasas (2.20%) y cenizas (12.05%), estos valores expresados en base húmeda del polvo de hojas, se diferencian a lo reportado por Reza, T., Zeynab, Y., y Asadi, G. (2012), debido a que sus resultados corresponden a las hojas frescas y no en polvo, es decir, que el alto contenido de humedad (82.8 – 86.23%) y bajos contenidos de grasa (0.16 – 0.30%), fibra (2.9 – 5.0%), proteína (2.49 – 3.22%) y ceniza (0.16 – 0.30%), se debe principalmente al agua presente en las hojas frescas.

Cuadro 12. Composición química proximal/100g de polvo de hojas.

Característica	bh	bs
Humedad	9.73±0.33	10.8±0.24
Proteínas	15.50±0.15	17.23±0.12
Grasa	2.20±0.08	2.440±0.04
Cenizas	12.05±0.43	13.33±0.21
Carbohidratos	60.52±0.45	67.04±0.42

4.3 Hidratación de hojas de *Malva sylvestris*

La figura 17 muestra la variación de la densidad (g/ml) de las suspensiones 15; 20 y 25 g de agua/g de polvo de hojas de *M. sylvestris* durante 30; 60 y 90min de hidratación, en ella, se observa que a mayor concentración (15g de agua/g de polvo) de sólidos la densidad aumentó de 1.0025 a 1.0125g/ml., por otro lado, la suspensión de concentración intermedia (20g de agua/g de polvo) mostró un ligero incremento de la densidad de 0.995 a 0.9975g/ml y la suspensión de menor concentración (25g de agua/g de polvo) presentó la menor densidad y constante de 0.9925g/ml. durante la hidratación. Al respecto en sistemas sólido-líquido (suspensiones coloidales), Ibarz y Canovas (2005), afirman que la hidratación se produce por difusión del agua hacia al seno de las partículas sólidas debido a la diferencia de concentración y presiones osmóticas, fenómeno de transporte gobernado por la Ley de Fick, asimismo, los coloides poseen cargas eléctricas negativas que producen fuerzas de repulsión con otros coloides que se van acercando con la misma carga, a ello, se suma los puentes de hidrogeno y la electronegatividad que poseen las moléculas de agua, que le permiten fijarse a los coloides (Zeta-Meter, 2010), dando como resultado la hidratación. De acuerdo a la figura 18, debido al alto grado de dilución, (25g agua/g polvo de hojas), un mayor número de moléculas de agua al encontrarse en una fase homogénea con mayor dispersión, tienen mayor posibilidad de interaccionar por puentes de hidrogeno o por electronegatividad, dando como resultado una mejor hidratación, no así con las suspensiones de mayor concentraciones de sólidos (15 y 20g agua/g polvo), que por existir un mayor número de partículas sólidas en suspensión, donde la aproximación o distancia entre ellas es reducida, presentaron el efecto de la formación de conglomerados y la sedimentación de dichas partículas, originándose fases heterogéneas y perdiendo así las moléculas de agua, la efectividad de

fijarse en los polisacáridos; es decir, en esta primera parte, se podría confirmar una buena hidratación en aquella suspensión que mostró una sola fase homogénea (25g. agua/g. polvo), ofreciendo las mejores condiciones para fijar el agua. Estas condiciones favorables, se observó que en estado reposo o sin agitación mecánica conforme sustenta Macías (2013), el agua se fue fijando en los espacios intra o intermoleculares sin dificultad alguna, afirmación corroborada por Capitani (2013). Cabe señalar, que el agua destilada empleada tuvo un pH de 6.8, el cual según Marín *et al.* (2008), afirman que una mayor extracción de las gomas, se presenta en rangos cercanos a la neutralidad (6.5 – 6.8).

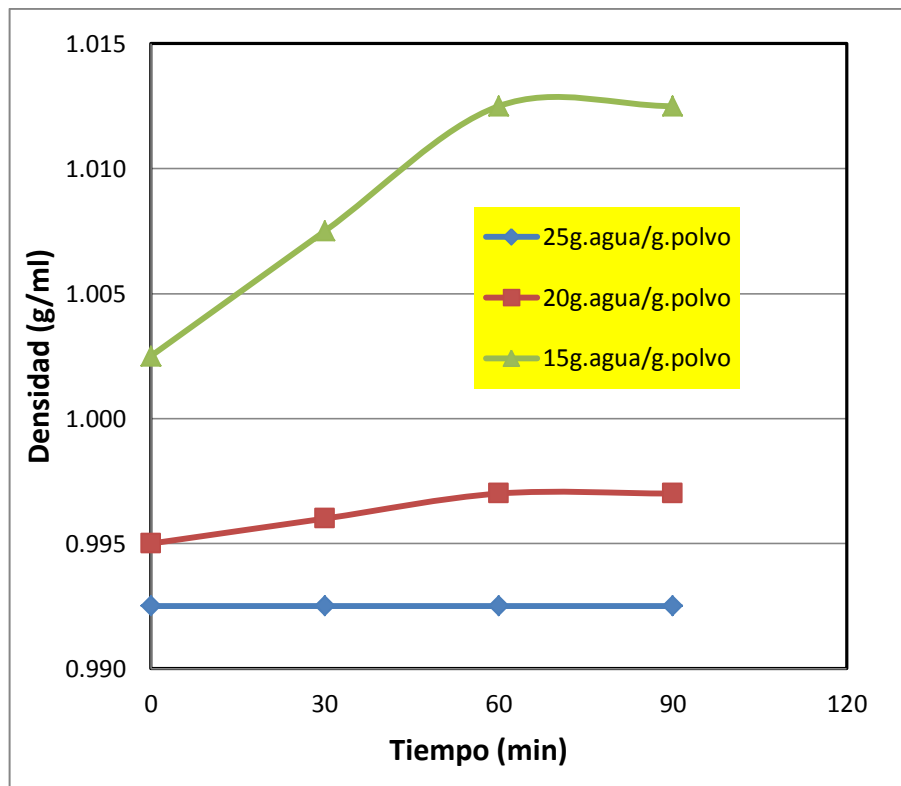


Figura 17. Densidad en la hidratación de hidrocoloides según solvente/soluto.

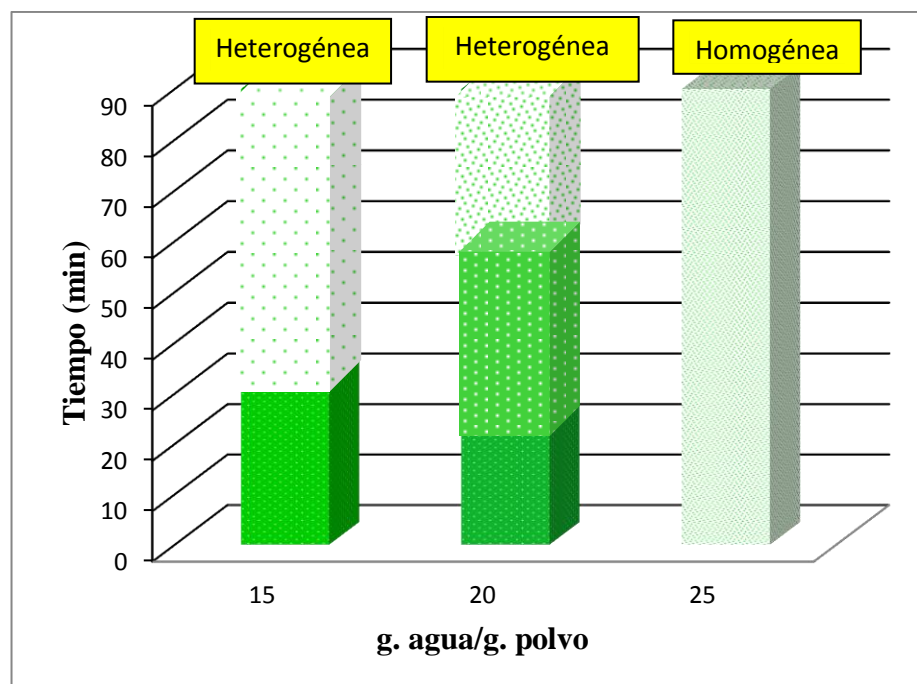


Figura 18. Fases durante la hidratación según solvente/soluto.

4.4 Solubilización mediante estrujado mecánico

La figura 19, muestra los gramos de hidrocoloides obtenidas por efecto de la expresión mecánica a 424, 508 y 592 movimientos/min por 60, 120 y 180 segundos del polvo de hojas hidratadas. En dicha figura se observa que los gramos de hidrocoloides extraídos tiene relación directa con la velocidad y tiempo de expresión mecánica, es decir, que al aumentar de 424; 508 y 592 mov/min y de 60; 120 y 180s, se extrajo 125 – 135g; 140 – 160g y 150 – 190 g de hidrocoloides, determinándose así, realizar la solubilización a 592mov/min durante 180 s. Dentro de diversas técnicas mostradas en el cuadro 1, se recomienda para solubilizar emplear la agitación mecánica y el ultrasonido. En el presente estudio, se aplicó la expresión mecánica recomendado por Retsch (1985), como nueva alternativa, mediante un homogenizador (Stomacher) consistente en ejercer presión (53db) mediante paletas planas metálicas a las partículas hidratadas, para que estas sean

reducidas de tamaño y puedan romper sus matrices celulares, es decir, se corrobora lo manifestado por Marin *et al.*(2008), que por acción del agua como solvente y de la presión sobre dichas matrices, se facilita la dilatación de los poros y con ello la ruptura celular. Por otro lado, cabe mencionar, que un factor importante que contribuye a solubilizar a los hidrocoloides es el nivel de temperatura de la suspensión, sin embargo conforme afirma Martinez (2004), además de solubilizar las gomas, también los pigmentos se solubilizan y esto conllevaría aplicar otros procesos con gasto de materiales y de energía. Como tal, de acuerdo a las condiciones establecidas, los resultados demuestran que luego que los hidrocoloides naturales fueran hidratados, por acción de la expresión mecánica se logró romper las estructuras celulares donde se encuentran los hidrocoloides como mezclas de polisacáridos (Marín *et al.*, 2008) y así una mayor extracción.

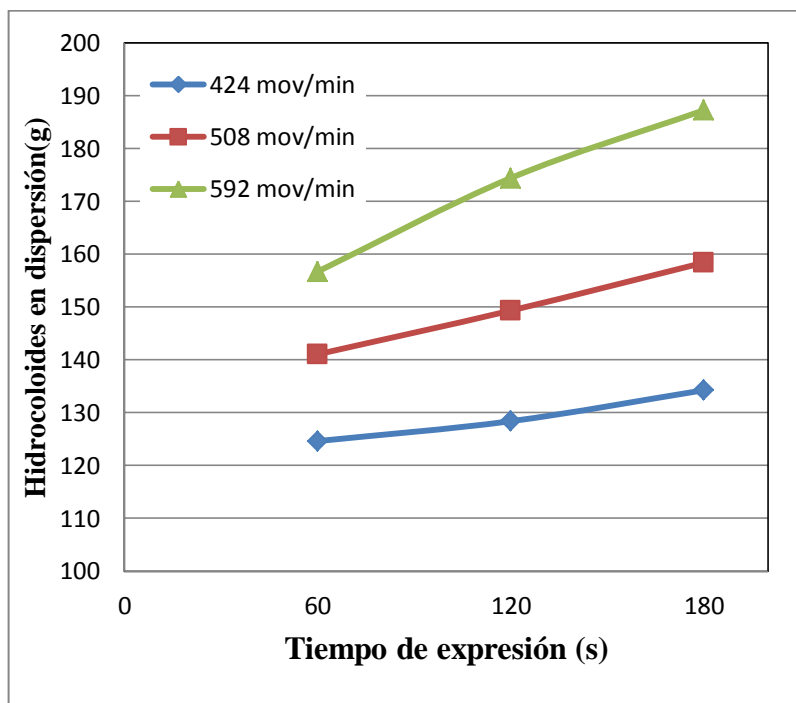


Figura 19. Hidrocoloides (g) según velocidad y tiempo de expresión.

4.5 Evaluación del rendimiento

Con la finalidad de evaluar el nivel de dispersión de los datos obtenidos del rendimiento (%p/p) durante la extracción de hidrocoloides mostrados en el anexo 1, estos fueron sometidos a las pruebas de distribución normal y homogeneidad de varianzas recomendadas por Montgomery (2004), complementado con el cálculo del coeficiente de variabilidad a través del análisis de varianza sustentado por Pimentel (1985). Los resultados al 95% de nivel de confianza, según los anexos del 2; 4 y 5, mostraron que los datos de las 27 repeticiones de los 9 tratamientos en extracción por efecto de la hidratación en su primera, obedecieron a una distribución normal, es decir, presentaron una simetría; asimismo, la Prueba de Barlett, mostró que los tratamientos reflejaron tener homogeneidad de varianzas entre sí; encontrándose dichos datos, con las condiciones estadísticas que se exige, se pasó a aplicar la prueba F, a los datos de rendimiento en función a las condiciones de la hidratación.

El análisis de varianza con 95% de confianza mostrado en el cuadro 13, arrojó un coeficiente de variabilidad de 22.62%, dentro del rango recomendado (máximo de 30%) por Pimentel (1985), asimismo, permitió evaluar el efecto de la relación solvente/sólido (15, 20 y 25 g. de agua/g. de polvo) y tiempo de hidratación (30, 60 y 90 min) en el rendimiento (%p/p) de hidrocoloides. Estadísticamente, la relación solvente/sólido y el tiempo de hidratación, con valores de P menores a 0.05, tienen efecto altamente significativo en el rendimiento de hidrocoloides, es decir, que a incrementos de 5g. agua/g. polvo y 30min, difieren entre ellos sobre el rendimiento (%p/p), dichos resultados confirmaron al 5.8 y 8.37 % (p/p) obtenido en hojas de *M. sylvestris* por Mejía *at al.* (2020) y Samavati y Manoochehrizade (2013) cuando hidrataron en proporciones de 10 y 25 g. de agua/g. polvo, mostradas en el cuadro 1.

Cuadro 13. ANAVA para rendimiento (%) en extracción según hidratación de hidrocoloides.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Hidratación (g. agua/g. hojas)	103.105	1	103.105	7.68	0.0122
B:Tiempo Hidratación (min)	1868.23	1	1868.23	139.15	0.0000
AA	1008.98	1	1008.98	75.15	0.0000
AB	56.8545	1	56.8545	4.23	0.0536
BB	1.10367	1	1.10367	0.08	0.7774
bloques	6.52725	2	3.26363	0.24	0.7866
Error total	255.099	19	13.4263		
Total	3299.9	26			
C:V	22.62%				

4.6 Optimización de la hidratación en la extracción

Con los 27 ensayos realizados se optimizaron los parámetros de hidratación, según el modelo matemático el rendimiento más alto (19.21%p/p), se logró con la hidratación de 25 g. agua/g. polvo y tiempo de hidratación de 30 min. Estas condiciones experimentales, sometidos a análisis de regresión múltiple, revelaron un modelo polinomial de segundo orden con R^2 de 0.965 y Coeficiente de Variabilidad de 12.14% dentro del rango de dispersión recomendado por Pimentel (1985), el cual confirma a lo reportado por Mejía *et al.*(2020) y Samavati y Manoochehrizade (2013), cuando optimizaron la extracción de hidrocoloides en hojas de Malva sylvestris, siendo la ecuación ajustada que describe la superficie de respuesta mostrada en la figura 20, para predecir el máximo rendimiento de extracción de hidrocoloides, la siguiente:

$$Y = -35.103 + 4.652331X_1 - 0.179304X_2 - 0.0891244X_1^2 - 0.00190556 X_1 X_2 + 0.000571358X_2^2$$

Dónde: X_1 es solvente/sólido (g. agua/g. hojas) y X_2 es tiempo de hidratación (min).

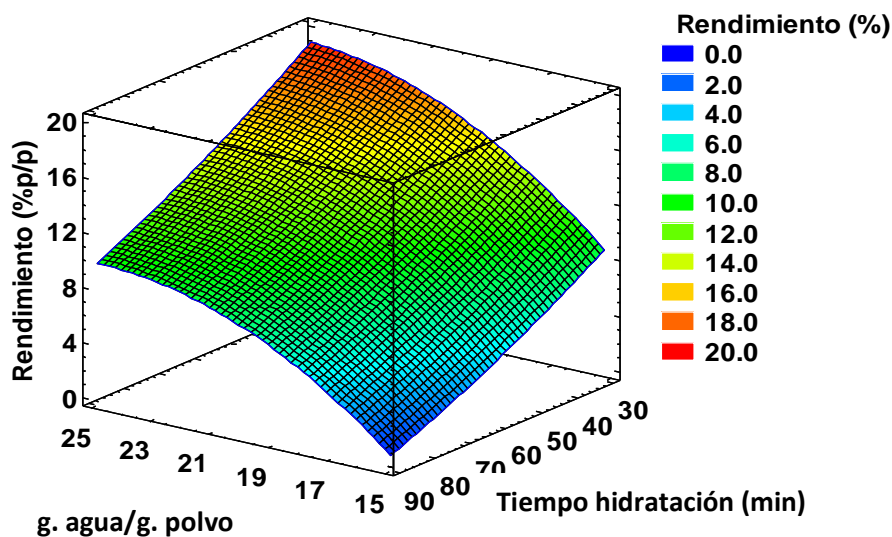


Figura 20. Rendimiento (%p/p) de hidrocoloides según relación solvente/soluto y tiempo de hidratación durante la extracción.

En la Figura 20, según tendencia del rendimiento con respecto al grado de dilución y tiempo de hidratación, se observó que podría maximizarse el rendimiento (%p/p), para ello, se realizó una segunda etapa; se aumentó el grado de dilución a 30g. agua/g. polvo y redujo el tiempo a 0 min, realizándose 48 repeticiones y evaluados estadísticamente a través del rendimiento mediante la prueba F o análisis de varianza (ANAVA) mostrado en el cuadro 14. Dichos datos con distribución normal y homogeneidad de varianzas entre los tratamientos mostrados en los anexos 3; 6 y 7, con 95% de confianza y un coeficiente de variabilidad de 9.38% dentro del rango recomendado, se evaluó el efecto de los 15, 20, 25 y 30g. de agua/g. de polvo por 0, 30, 60 y 90 min de hidratación respectivamente en el rendimiento (%p/p) de hidrocoloides. Los resultados demuestran que estadísticamente, en esta segunda etapa, además de existir influencia significativa por efecto individual del grado de concentración de sólidos y el tiempo de hidratación, por presentar valores de $P < 0.05$, existe también influencia significativa debido a la interacción de estos dos factores.

Cuadro 14. ANAVA para rendimiento (%) en optimización de hidratación de hidrocoloides.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Hidratación (g. agua/g. hojas)	274.254	1	274.254	192.67	0.0000
B:Tiempo de hidratación (min)	1674.08	1	1674.08	1176.06	0.0000
AA	364.351	1	364.351	255.96	0.0000
AB	45.7172	1	45.7172	32.12	0.0000
BB	1.65488	1	1.65488	1.16	0.2874
bloques	0.370936	2	0.185468	0.13	0.8782
Error total	56.9385	40	1.42346		
Total	2417.36	47			
C.V	9.38%				

Mediante la prueba de Tukey (Cuadro 15) al 95% de confianza, se evaluaron las diferencias entre los niveles de hidratación (15, 20, 25 y 30g. agua/g. polvo), tiempos de hidratación (0, 30, 60 y 90min) y su interacciones respectivas, en el rendimiento (%p/p), conforme a los 16 tratamientos (48 ensayos), durante la extracción de hidrocoloides. Estadísticamente, con el rendimiento más alto de 16.87%, la hidratación del polvo de hojas de *M. sylvestris*, con 25g.agua/g. de polvo (a_2), difiere significativamente de las hidrataciones de 15, 20 y 30 g. agua/g. de polvo (a_0 , a_1 y a_3) que alcanzaron rendimientos de 14.10; 13.07 y 6.869%, diferencia que reafirma lo observado con la densidad constante en la suspensión homogénea, es decir, que a 25g.agua/g. de polvo, se consigue que el mayor número de moléculas de agua se fijen a los polisacáridos a través de puentes de hidrogeno y cargas eléctricas conforme afirman Capitani (2013) y Zeta-Meter (2010) y evita que la conglomeración y sedimentación, como es el caso con 15 y 20g. agua/g. polvo, o por lo contrario cuando está muy diluido (a_3) con 30g. agua/g. de polvo, se fijan todas las moléculas de agua, sin embargo, no es suficiente para maximizar el rendimiento.

Con respecto a la interacción de la relación solvente/soluto y tiempo de hidratación, el cuadro 15, muestra estadísticamente que el tratamiento a_2b_0 (25g. agua/g. polvo y 0 min) difieren significativamente de los demás interacciones, con rendimiento máximo de 24.61%, superior a los factores a_2 y b_0 que individualmente alcanzaron 16.87% y 20.8% respectivamente.

Cuadro 15. Prueba de comparación de medias-Tukey (5%) para rendimiento.

Orden	Tratamiento	Promedio	Significancia
1	a_2	16.87	a
2	a_1	14.10	a b
3	a_3	13.07	b
4	a_0	6.869	c
1	b_0	20.80	a
2	b_1	15.30	b
3	b_2	9.78	c
4	b_3	5.03	d
1	a_2b_0	24.61	a
2	a_3b_0	23.32	b
3	a_1b_0	21.44	b c
4	a_2b_1	19.00	c d
5	a_3b_1	16.80	d e
6	a_1b_1	16.078	e
7	a_2b_2	14.33	e f
8	a_0b_0	13.81	f
9	a_1b_2	11.79	f g
10	a_3b_2	9.668	g h
11	a_2b_3	9.52	g h
12	a_0b_1	9.33	g h
13	a_1b_3	7.08	h
14	a_0b_2	3.33	i
15	a_3b_3	2.516	i
16	a_0b_3	1.00	i

Según las figuras 21 y 22, con los 48 ensayos realizados en una segunda etapa, se confirmó que el más alto rendimiento (24.61%), se puede alcanzar con 25 g. agua/g. polvo, más no así con el tiempo de hidratación que antes fue predicho con 30min y en esta se logró de forma inmediata a 0 min. Estos resultados contraponen a otras investigaciones mostradas en el cuadro 1, que emplearon 7.68 min; 1; 2; 4; y 6 h respectivamente como tiempos óptimos. Situación que se puede explicar, con dos etapas diferentes y nueva aplicadas en el presente estudio, que fueron la agitación mecánica de 1min al momento inicial de realizar la hidratación y luego la solubilización mecánica realizada mediante paletas con presión de 53db, conforme se reportó dichos resultados anteriormente.

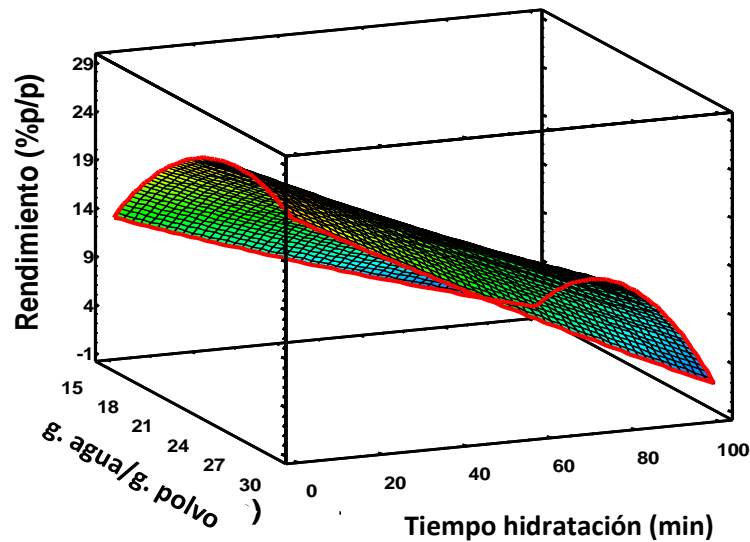


Figura 21. Rendimiento (%p/p) de hidrocoloides según relación solvente/soluto y tiempo de hidratación durante la extracción.

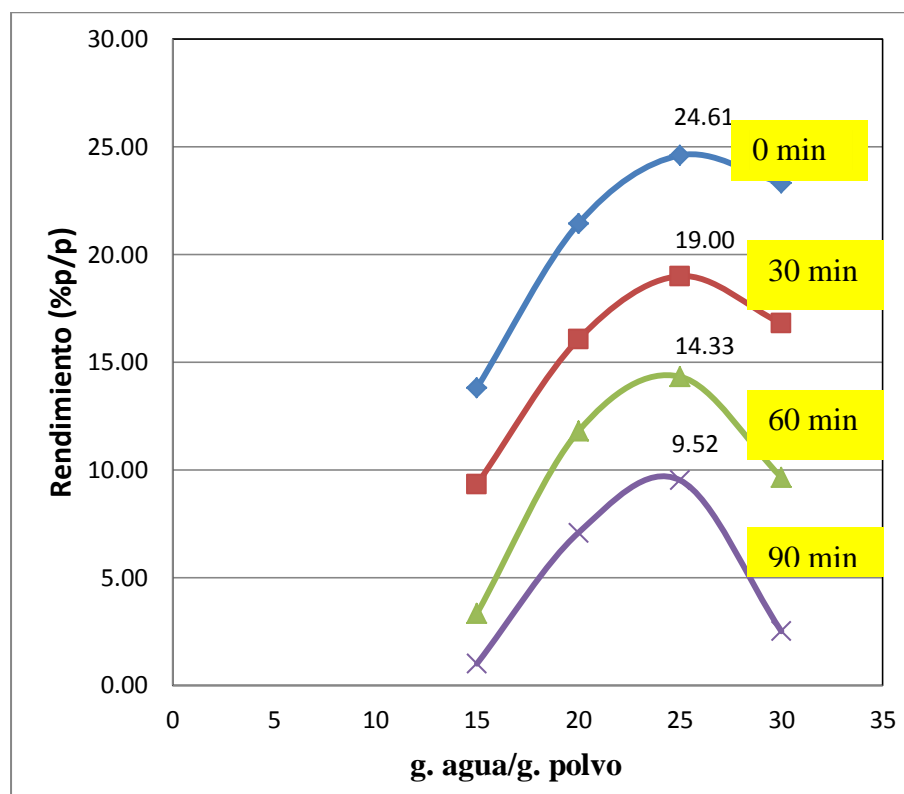


Figura 22. Rendimiento según solvente/soluto y tiempo de hidratación.

4.7 Validación del modelo

La validación de la adecuación del modelo matemático, se llevó a cabo bajo dos condiciones con tres ensayos cada uno, la primera, hidratación con relación de 25 g. agua/g. polvo (X_1) por tiempo de 30min (X_2) y la segunda con relación de 25 g. agua/g. polvo (X_1) por tiempo de 0min (X_2). El cuadro 16, presenta los valores experimentales y predichos por la ecuación optimizada mediante Superficie de Respuesta en ambas condiciones. Los valores medios de rendimiento (%p/p) de los ensayos fueron 18.64 y 23.133%, mientras que los predichos 19.21 y 25.5%, esta diferencia se reflejó en la desviación estándar de 0.40 y 1.68 tanto para la primera como segunda condición respectivamente. Además, se observa, que conforme el tiempo de hidratación tiende a

0min, el rendimiento experimental se aleja de lo predicho, esta desviación, implica que necesariamente la hidratación requiere de un tiempo, es decir, para que las moléculas de agua interactúen y se enlacen a la estructura del hidrocoloide mediante fuerzas de atracción por puentes de hidrógeno y electrostáticas conforme sustentan Capitani (2013) y Zeta-Meter (2010) y así faciliten la solubilidad. Por otro lado, los resultados permitieron afirmar en términos de eficiencia del modelo, que los resultados experimentales se aproximaron en 97% y 90% a los pronosticados, como tal, el modelo matemático de segundo orden, refleja ser adecuado para la extracción de hidrocoloides a partir de las hojas de *M. sylvestris*.

Cuadro 16. Valores experimentales y predichos en extracción de hidrocoloides en condiciones óptimas.

Condiciones óptimas			Rendimiento (%p/p) en la extracción Hidrocoloides de <i>Malva sylvestris</i>		
Ensayo	Hidratación (g. agua/g. polvo)	Tiempo de hidratación (min)	Experimental	Predicho	Desviación estándar
1	25	30	18.64	19.21	0.40
2	25	30	18.63	19.21	
3	25	30	18.66	19.21	
Promedio			18.64	19.21	
Ensayo	Hidratación (g. agua/g. polvo)	Tiempo de hidratación (min)	Experimental	Predicho	Desviación estándar
1	25	0	23.85	25.5	1.68
2	25	0	23.16	25.5	
3	25	0	22.38	25.5	
Promedio			23.13	25.5	

4.8 Comportamiento reológico

4.8.1 Reología de hidrocoloides según concentración y temperatura

El cuadro 17, muestra que las dispersiones de hidrocoloides de *M. sylvestris* dispuestos a concentraciones de 0.7, 1.4 y 2.1% (p/v) y a temperaturas de 20, 30 y 40°C, presentaron índices de comportamiento de flujo (n) menor a 1, parámetro que demuestra que los hidrocoloides naturales extraídos de hojas, semillas y de algas, manifiestan un comportamiento de fluido no newtoniano, de tipo pseudoplástico, reafirmando a lo reportado por Vargas (2012), Roldan (2015), Hasanpour et al. (2018) y a lo manifestado por Ibarz et al. (2005). Asimismo, los esfuerzos de corte (Pa) en relación con velocidades de corte (s^{-1}), mediante el programa Rheo3000, fueron ajustados al modelo de Ostwald o Ley de Potencia, resultados que corroboran a lo manifestado por Mezger (2006), citado por Arias, *et al.* (2018) y por Ibarz y Babosa-Canovas (2005), que a través de la reología se estudia el flujo y la deformación de la materia así como se determinan las ecuaciones que gobiernan. Con los resultados de este estudio, se evidencia que los hidrocoloides a medida que aumenta la temperatura, el índice de consistencia disminuye. Por otro lado, respecto a la concentración de 0.7%, el índice de comportamiento de flujo (n) aumenta conforme aumenta la temperatura de 20 a 40°C, aproximándose a uno, es decir, tiende a dejar de ser pseudoplástico y comportarse como fluido newtoniano; contrario ocurre, con las concentraciones de 1.4 y 2.1%, donde el índice de comportamiento de flujo disminuye con el aumento de la temperatura, debido al mayor número de moléculas de hidrocoloides que interaccionan con el agua.

Cuadro 17. Parámetros reológicos de hidrocoloides según temperatura y concentración.

T (°C)	0.70%			1.40%			2.10%		
	n	k	r ²	n	k	r ²	n	k	r ²
20	-0.176	0.008	0.95	-0.004	0.015	0.97	0.162	0.029	0.99
30	-0.165	0.007	0.95	-0.043	0.012	0.97	0.109	0.024	0.99
40	-0.145	0.006	0.95	-0.087	0.009	0.98	0.075	0.018	0.99

Los reogramas de las figuras 23, 24 y 25 a concentraciones de 0.7, 1.4 y 2.1 % (p/v) de hidrocoloides de *Malvas sylvestris* en dispersión, ajustados al modelo de Ostwald, manifiestan un fluido con comportamiento pseudoplástico, sin embargo, se observa también que al aumentar la temperatura los esfuerzos de corte (σ) van disminuyendo para un mismo valor de gradiente de deformación (γ), esto conforme explican Angiolini (2013) e Ibarz y Barbosa-Canovas (2005), es debido a que un incremento de la temperatura proporciona un aumento de la energía y con el provoca mayor movimiento a nivel molecular que va influenciar en la disminución de la viscosidad o consistencia de la suspensión. El índice de consistencia es mayor a 20°C, le sigue la consistencia de 30°C y en menor magnitud con 40°C, dicho comportamiento fue similar en las tres concentraciones evaluadas, según Ramirez (2006), los materiales disminuyen su viscosidad hasta 10% por cada °C incrementado, esto va a depender de la viscosidad que tenga el fluido, es decir, complementa afirmando que los líquidos más viscosos su dependencia es mayor hacia la temperatura.

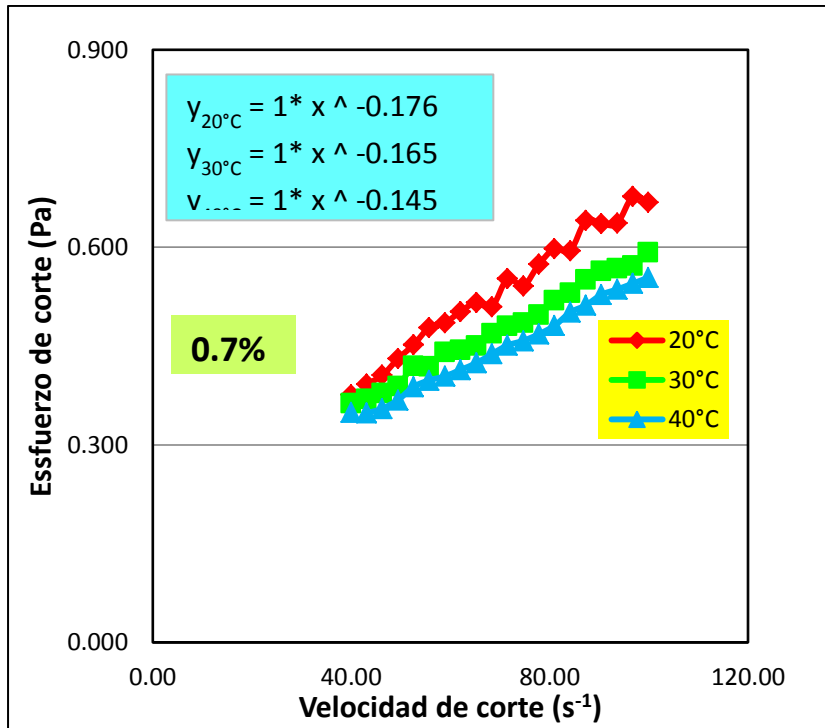


Figura 23. Reograma de hidrocoloides al 0.7%(p/v) a 20, 30 y 40°C.

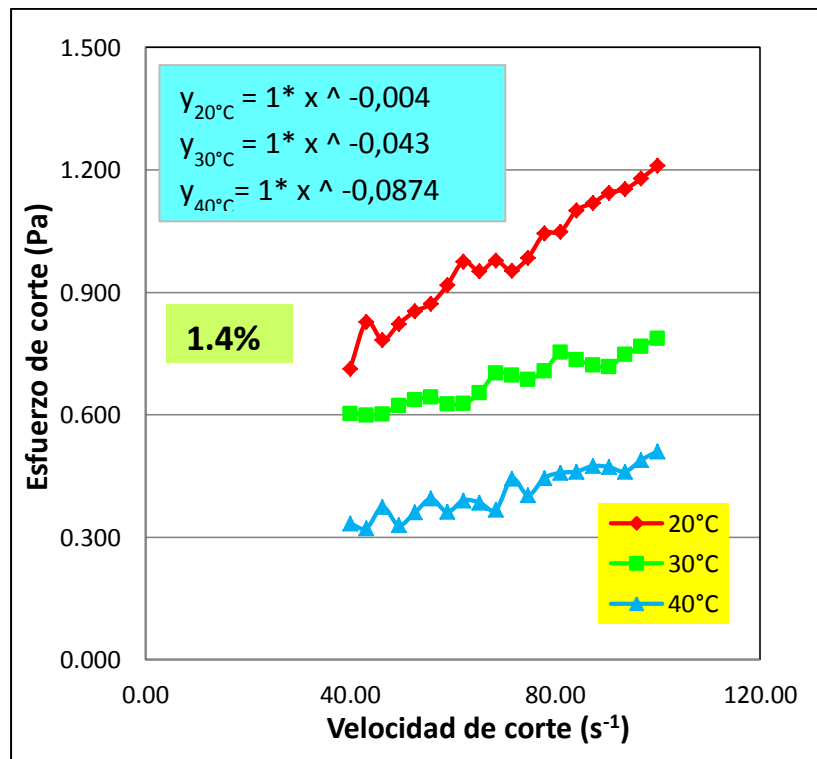


Figura 24. Reograma de hidrocoloides al 1.4%(p/v) a 20, 30 y 40°C.

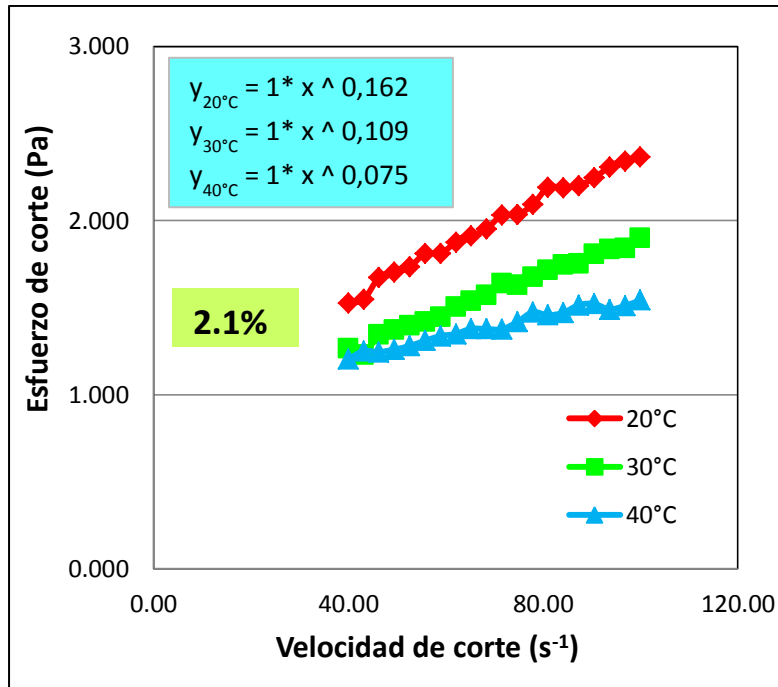


Figura 25. Reograma de hidocoloides al 2.1%(p/v) a 20, 30 y 40 °C.

4.8.2 Análisis estadístico de la reología de hidocoloides

El análisis de varianza realizado con 95% de confianza y un coeficiente de variabilidad de 9.74%, mostrado en el cuadro 18, permitió evaluar el efecto de la temperatura (20, 30 y 40°C) y concentración de sólidos (0.7, 1.4 y 2.1%p/p) en el índice de consistencia (k) de los hidocoloides sometidos a diferentes velocidades de deformación y esfuerzos de corte. Estadísticamente, las tres fuentes de variabilidad con valores de P menores a 0.05, tienen efecto altamente significativo en el índice de consistencia de los hidocoloides. Es decir que frente a incrementos de 10°C y 0.7% de concentración de sólidos de manera independiente y en interacción de estas producen variaciones significativas en el índice de consistencia; resultados que corroboran a lo manifestado por Ibarz y Barbosa-Canovas (2005).

Cuadro 18. ANAVA para Índice de Consistencia según temperatura y concentración.

Fuente de variación	Gl	SC	CM	Fexp	Ftab	SIGN
Efecto de Temperatura (A)	2	0.00019	9.5147E-05	51.134	6.01	**
Efecto de Concentración (B)	2	0.00131	0.00065833	353.8	6.01	**
Efecto de Int. (AB)	4	6.12E-05	1.5319E-05	8.23288	4.58	**
Error experimental	18	3.33E-05	1.8607E-06			
Total	26	0.0016017				
C:V		9.74%				

En el cuadro 19, se muestra la diferencia entre los efectos de los niveles de temperatura (20, 30 y 40 °C), la concentración (0.7, 1.4 y 2.1 %p/v) y su interacción de estas en el Índice de Consistencia (k), conforme a los 9 tratamientos (27 ensayos), durante la evaluación reológica. Estadísticamente, se afirma que el Índice de consistencia frente a variaciones de temperatura según los tratamientos a_0 , a_1 y a_2 , difieren entre sí altamente, es decir, que a 20, 30 y 40 °C cuando son sometidos las suspensiones de hidrocoloides a diferentes velocidades de deformación, se requiere diferentes niveles de esfuerzo de corte, como tal, la resistencia de los hidrocoloides varía. A 20 °C, el Índice de Consistencia (K), alcanza su máximo valor de 0.0172 Pa.s, le siguen 0.0140 y 0.0107 a 30 y 40 °C que disminuyen por efecto de la temperatura, esto se confirma con lo reportado por Hasanpour *et al.* (2018), cuando concluyeron que la goma extraída de *Malva sylvestris* mostró mayor sensibilidad en su viscosidad frente a cambios en la temperatura. Por otro lado, Angiolini (2013), manifiesta que los hidrocoloides confieren viscosidad a los alimentos y esto está en función de la temperatura que se

emplee, asimismo, Ramirez (2006), sustenta que la viscosidad depende de la temperatura y que los materiales pueden disminuir su viscosidad hasta 10% por cada °C aumentado, esta disminución conforme menciona Zeki (2013), se debe a que al aumentar la temperatura, la resistencia de un fluido es superada por la energía cinética que se produce y con un mayor movimiento molecular.

Con respecto a la concentración de sólidos, estadísticamente el Índice de consistencia (k), difiere significativamente frente a la variación de 0.7; 1.4 y 2.1 % (p/v) de los tratamientos b_0 , b_1 y b_2 respectivamente. La mayor influencia en el Índice de Consistencia (0.0240Pa.s) se produjo cuando la concentración fue 2.1%, seguido el de 1.4% con 0.0120Pa.s y finalmente el de 0.7 % con 0.0069Pa.s., resultados que son corroborados con Yasen *et al.* (2005), al afirmar que los hidrocoloides tienen la capacidad de modificar las propiedades reológicas de dispersiones, debido al alto peso molecular y a su naturaleza polimérica, a esto se puede complementar, que a medida que aumenta el contenido de sólidos, las moléculas se juntan más y las dispersiones ofrecen mayor resistencia frente los esfuerzos cortante. Según Ibarz y Babosa-Canovas (2005), la variación del contenido de sólidos y de la temperatura de manera individual y en efecto combinado influyen en la viscosidad, esto fue reafirmado con los resultados mostrado en el cuadro 19, puesto que el mayor Índice de Consistencia, se obtuvo con la interacción y no de manera independiente. La baja temperatura (20 °C) y la alta concentración de sólidos (2.1%), produjeron fuerte influencia en el Índice de Consistencia (0.029Pa.s), el cual difiere de las demás interacciones.

Cuadro 19. Comparación de medias -Tukey para Índice de Consistencia (k)

Orden	Tratamiento	Promedio	Significancia
1	a _o	0.0172	a
2	a ₁	0.0140	b
3	a ₂	0.0107	c
1	b ₂	0.0240	a
2	b ₁	0.0120	b
3	b _o	0.0069	c
1	a _o b ₂	0.029	a
2	a ₁ b ₂	0.024	b
3	a ₂ b ₂	0.018	c
4	a _o b ₁	0.015	d
5	a ₁ b ₁	0.012	d e
6	a ₂ b ₁	0.009	e f
7	a _o b _o	0.008	e f
8	a ₁ b _o	0.007	f
9	a ₂ b _o	0.006	f

4.8.3 Cinética de variación del índice de consistencia de hidrocoloides

En el cuadro 20, se observan los valores de los parámetros cinéticos que originaron las dispersiones de hidrocoloides de *M. sylvestris*, según la concentración (0.7, 1.4 y 2.1%) y temperatura (20, 30 y 40°C). Según Zeki (2013), como la viscosidad dependen fuertemente de la temperatura y concentración, con la Ecuación de Arrhenius se evaluó la viscosidad, donde se constató que un aumento de la energía de activación de 17797.12 a 19407.89J/mol., para un incremento de la concentración de 0.7 a 2.1%, los hidrocoloides en solución, manifestaron menor sensibilidad para variar su viscosidad, sin embargo, con respecto a la temperatura la sensibilidad fue mayor, puesto que existe disminución en el índice de consistencia frente a aumento de 10°C. Es decir, que se requirió 9.05% y 13.81% de energía de activación para vencer la resistencia y producir deformación en los hidrocoloides en dispersión,

siendo esto, corroborado por Ramirez (2006), al manifestar que la viscosidad depende exponencialmente de la temperatura y que los materiales disminuyen su viscosidad con el aumento de la temperatura hasta un 10% por cada °C incrementado.

Cuadro 20. Parámetros cinéticos para el Índice de Consistencia de hidrocoloides según la Ecuación de Arrhenius.

Concentración (%p/v)	T(°C)	T(°K)	1/T	K	Ln (K)	Ea (J/mol)	Δ% Ea
0.7	20	293	0.00341297	0.008	-4.8283	17797.12	---
	30	303	0.00330033	0.007	-4.9618		
	40	313	0.00319489	0.005	-5.2983		
1.4	20	293	0.00341297	0.015	-4.1997	19407.89	9.05
	30	303	0.00330033	0.012	-4.4228		
	40	313	0.00319489	0.009	-4.7105		
2.1	20	293	0.00341297	0.029	-3.5405	20254.49	13.81
	30	303	0.00330033	0.024	-3.7297		
	40	313	0.00319489	0.017	-4.0745		

En la figura 26, se muestra que el índice de consistencia de la dispersión de hidrocoloides, disminuyó en función de la temperatura pero aumentó con respecto al incremento de sólidos, dicho comportamiento es sustentado por Ibarz y Babosa-Canovas. (2005).

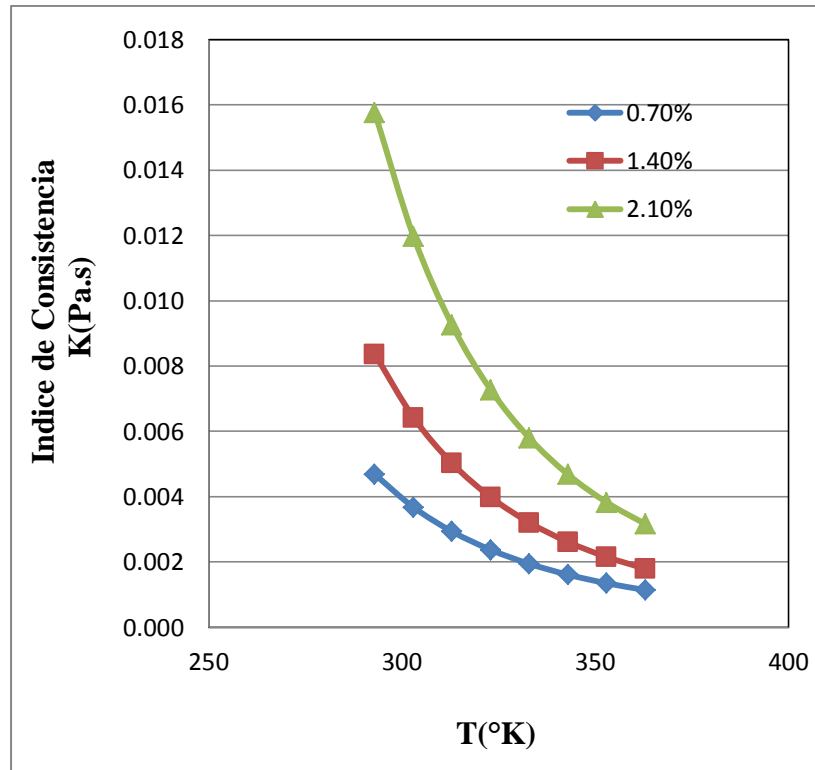


Figura 26. Índice de consistencia según Ecuación de Arrhenius.

4.9 Determinación de la Actividad antioxidante de los hidrocóloides

4.9.1 Contenido Polifenoles Totales – Método de Folin-Ciocalteu

En la figura 27, se muestra la cuantificación de polifenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu por la curva estándar ($Y=0.0115X+0.0052$; $R^2=0.998$), cuyos resultados expresados en mgAGE/100g demuestran que los hidrocóloides de hojas de *M. sylvestris* en dispersión contienen por arriba de 78.87, superior a lo determinado por Gracia (2010) en extractos de *M. sylvestris* obtenido con metanol en cantidades de 21.094 y a lo reportado por Reza, Zeynab y Asadi (2012) de 11.82 a 15.11. Asimismo, Kähkönen *et al.* (2001) citado por León y Pérez (2018), manifiestan que los fenoles son metabolitos secundarios y están distribuidos en el reino vegetal, y su contenido es variable en todo el periodo vegetativo y se encuentran en todas las

partes de las plantas. Sin embargo, el contenido de fenoles en los hidrocoloides en dispersión acuosa cuando fueron dispuestos a diferentes temperaturas, fue disminuyendo a medida que la temperatura se aumentó desde 20, 40, 60 y 80°C, llegándose a determinar que el mayor contenido de polifenoles totales (131.17) se presentó a 20°C, es decir, que el aumento de la temperatura afectó negativamente a los polifenoles totales en los hidrocoloides reduciéndose desde 131.17 (20°C) hasta 78.87 (80°C) que significó un pérdida de 60%. Esta reducción según De la Rosa *et al.* (2010) citado por Baas (2014), podría deberse a la participación de los polifenoles en las reacciones de Maillard, caramelización y oxidaciones químicas, que son favorecidas por aumento de la temperatura, así como, por volatilidad de las sustancias, Petrucci, Harwood y Herring (2003), afirman que las sustancias pueden pasar del estado líquido a vapor, más si reciben altos niveles de temperatura, se evaporan fácilmente al aumentar su presión de vapor.

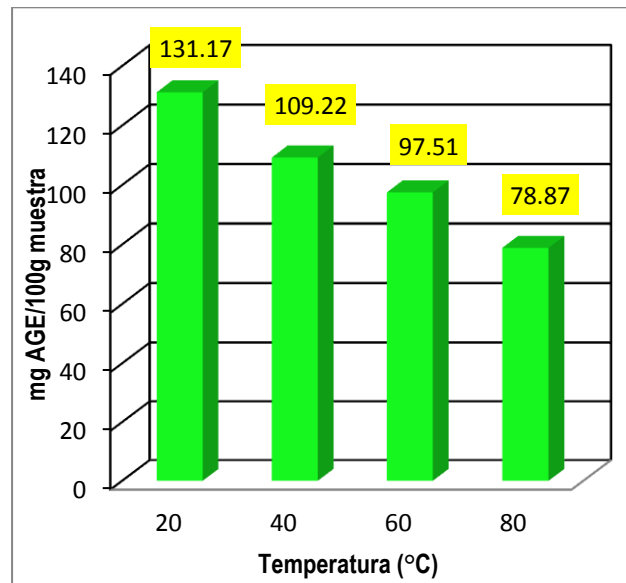


Figura 27. Polifenoles Totales en Hidrocoloides de *Malva sylvestris*.

4.9.2 Captación de radicales DPPH

En la figura 28, se muestra la capacidad de captación de radicales DPPH de los hidrocoloides extraídos de las hojas de *M. sylvestris* expresados en mMTrolox/g. muestra mediante la curva estándar ($Y=-0.7603X+0.847$; $R^2=0.998$), donde el ensayo que presentó los valores más altos de captación del radical DPPH fue a 60°C, con 0.455mMTrolox/g de hidrocoloide, le siguen los ensayos a 40, 20 y 80°C con 0.360; 0.316 y 0.298 mMTrolox/g, es decir, que por debajo y por arriba de 60°C, se manifestó una reducción en la captación de dichos radicales. Contrastado respecto a las hojas en polvo (0.383 ± 0.04 mMTrolox/g muestra), se observa que los hidrocoloides tuvieron 15.82% más de captación de radicales libres.

Los resultados de actividad antioxidante en el presente estudio, son semejantes (0.46mMTrolox/g muestra) a lo cuantificado por Gómez *et al.* (2015) en extracto de hojas de *M. sylvestris*, asimismo, se aproximan a lo reportado por Reza, Zeynab y Asadi (2012), que cuantificaron de 0.0527 a 0.0287 mMTrolox/g de muestra fresca de las mismas hojas. Por otro lado, Boutennounl *et al.*(2019), con 76.11% de captación de radicales libres de DPPH, demostraron que las hojas de Malva sylvestris, tienen alta capacidad antioxidante.

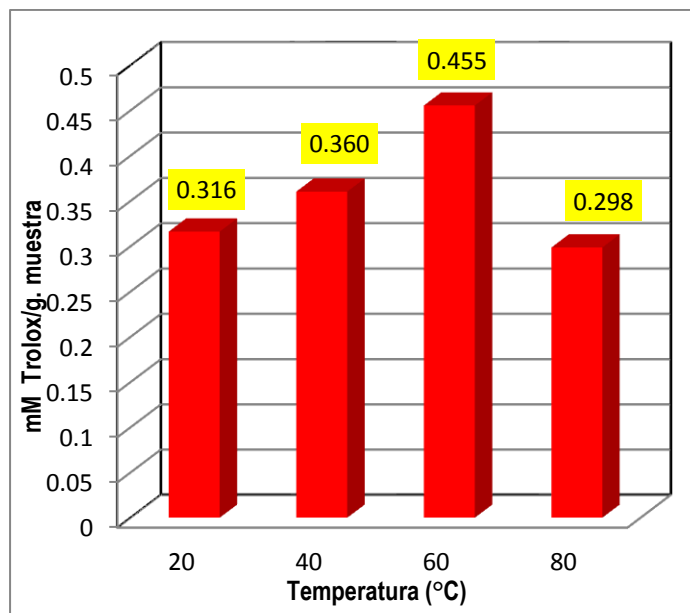


Figura 28. Capacidad de los Hidrocoloides de *Malva sylvestris* para captar radicales DPPH según temperatura.

CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Es viable extraer hidrocoloides mecánicamente y determinar el comportamiento reológico y actividad antioxidante de los hidrocoloides de las hojas de *Malva sylvestris*, provenientes del distrito de Neshuya, provincia del Padre Abad, departamento de Ucayali.
- Las condiciones óptimas de hidratación para extraer mecánicamente hidrocoloides con máximo rendimiento de 19.21% (p/p) se obtuvo con 25g. agua/g. polvo de *hojas de Malva sylvestris* durante 30min, complementado con la mayor solubilidad mediante un homogenizador de paletas con 592mov/min, presión de 53db por 180s.
- El comportamiento reológico de los hidrocoloides en dispersión al 0.7, 1.4 y 2.1%(p/v) y a temperaturas de 20, 30 y 40°C fue modelado por la ecuación $\sigma = k\dot{\gamma}^n$, gobernada por la Ley de Ostwald y con valores de Índice de comportamiento de flujo (n) menores a 1, manifestaron ser fluidos pseudoplásticos.
- El contenido de polifenoles totales (mgAGE/100g muestra) de 78.87 a 131.17 y la capacidad de captar radicales libres DPPH (mMTrolox/g muestra) de 0.298 a 0.455, los hidrocoloides de las hojas de *Malva sylvestris*, demostraron tener actividad antioxidante.

5.2 Recomendaciones

- Con los resultados favorables de la solubilización mecánica mediante homogenizador de paletas a nivel de laboratorio, realizar un estudio de ingeniería para diseñar y construir un homogenizador a nivel piloto o industrial con fines de ampliar la escala de extracción de hidrocoloides de las hojas de *Malva sylvestris*.
- Con los parámetros óptimos de la extracción de hidrocoloides a partir de las hojas de *Malva sylvestris* a nivel de laboratorio, escalar y elaborar estudios a nivel de planta piloto, con fines de demostrar su viabilidad técnica y económica.
- Por presentar los hidrocoloides de las hojas de *Malva sylvestris* alta capacidad de fijar moléculas de agua y comportarse como un fluido pseudoplástico, elaborar estudios de conservación y mejora de la textura en diversos tipos de alimentos.
- Confirmado que los hidrocoloides de las hojas de *Malva sylvestris* poseen actividad antioxidante con resistencia en un rango de temperatura, realizar estudios de aplicación en diversos tipos de alimentos como posible sustituto de los antioxidantes sintéticos.

REFERENCIAS

- Angeloni, C., Maraldi, T., Milenkovic, D., y Vauzour, D. (2015). Dietary Polyphenols and Their Effects on Cell Biochemistry and Pathophysiology 2014. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, (2015), 1-2. <http://dx.doi.org/10.1155/2015/782424>
- Angiolini, A. (2013). Los hidrocoloides, aditivos de alta funcionalidad. *Tecnifood. La revista de la tecnología alimentaria*, 97-99.
- Anticona, M., Frigola, A., y Esteve, M. (2016). Determinación de polifenoles totales en arándanos y productos derivados. *UCV – Ciencia* 8(1), pp. 13 – 21.
- AOAC. (1995). *Official methods of analysis* (15th ed.). Washington DC. USA: Association of Official Analytical Chemistry.
- Arias, J., y Delgado, M. (2016). Efecto de tres condiciones de extracción en las propiedades fisicoquímicas de mucilago de chia (*Salvia hispánica L.*). *Ingenierías Agroindustriales y de Alimentos. Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias de la UDLA. Ecuador*. pp. 1 – 67.
- Arias-Gilart, R., Falcón J., Campos, M., Silveira, Y., y López, O. (2018). Efecto del tratamiento magnético en el comportamiento reológico del diésel. *Tecnología Química. versión On-line* ISSN 2224-6185. RTQ vol.38 no.2 Santiago de Cuba may.-ago. pp. 414.
- Avelar, T., Storch, A., Castro, L., Azevedo, G., Ferraz, L., y Lopes, P. (2015). Oxidative stress in the pathophysiology of metabolic syndrome: which mechanisms are involved?, no August. pp. 231-239.

- Avello, M., y Suwalsky, M. (2006) Radicales libres, antioxidantes naturales y mecanismos de protección. *Atenea*, 494– II Sem. 2006, 161-172.
<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-04622006000200010>
- Baas, D, L. (2014). Obtención de extractos polifenólicos con actividad biológica a partir de harinas elaboradas con subproductos de limon italiano. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del estado de Jalisco, A.C.. pp. 29 – 30.
- Badui, S. (2006). *Química de los Alimentos*. Pearson Education. Cuarta Edición. México. pp. 97 – 105.
- Balke, D., y Diosady, L. (2000). Rapid aqueous extraction of mucilage from whole white mustard seed. *Food Research International*.33, 1108 – 1114.
DOI: 10.1016 / S0963-9969 (00) 00055-7
- Becker, M., Nunes, G., Ribeiro, D., Silva, F., Catanante, G., y Marty, J-L. (2019). Determination of the Antioxidant Capacity of Red Fruits by Miniaturized Spectrophotometry Assays. *Journal Braz. Chem. Soc.* 30, 1108 – 1114.
DOI: 10.21577/0103-5053.20190003.
- Benso, B., Franchin, M., Massarioli, A.P., Paschoal, J.A., Alencar, S.M., Franco, G.C y Rosalen, P.L. (2016). Anti-Inflammatory, Anti-Osteoclastogenic and Antioxidant Effects of *Malva sylvestris* Extract and Fractions: In Vitro and In Vivo Studies. *PLoS One*, pp. 1-19. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0162728>
- Boutennoun1, H., Boussoufe, L., Kebieche, M., Al-Qaoud, K., y Madani, K. (2019). Phenolics Content, Antiproliferative and Antioxidant Activities of Algerian *Malva sylvestris*. *Eur. J. Biol. Res.* 2019; 9(1): pp. 10-19.

- Cabrera, LL.J. y Cardenas, F.M. (2006). Importancia de la fibra dietética para la nutrición humana. Rev Cubana Salud Pública, Vol. 32. N°4. pp.1561-3127.
- Calderón, J. (2011). Caracterización fitoquímica, actividad antibacteriana y antioxidante de extractos de plantas medicinales utilizadas en Pereira y Santa Rosa de Cabal. Recuperado el 1 de Junio del 2018, de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/2265/54764C146.pdf;jsessionid=F41D4603A6C2B34D989855B65247353E?sequence=1>
- Capitani, M. (2013). Caracterización y funcionalidad de subproductos de chíá (*Salvia hispánica* L. aplicación en tecnología de alimentos. Tesis. Universidad Nacional de la Plata. Argentina. pp.20.
- Classen, B. y Blaschek, W. (1998). High Molecular Weight Acidic Polysaccharides from *Malva sylvestris* and *Alcea rosea*. *Planta Medica* 64 (7). New York. USA. 640-644. DOI: 10.1055 / s-2006-957538
- Cleveron, G., Cleveron, F., Sayomi, S., Fleith, M., y Pontarolo, R. (2011). Ethnobotanical and scientific aspects of *Malva sylvestris* L.: a millennial herbal medicine. *Royal Pharmaceutical Society 2012 Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 64, pp. 172–189.
- Condori, E. (2004). Estudio de la vegetación espontanea de un suelo contaminado con elementos traza en proceso de biorecuperación. Consejo Superior de Investigaciones Cientificas e Instituto de Recursos Naturales y Agrobiologia (IRNAS). Sevilla. España. pp. 51 – 75.

- Dahmani et al., (2015). To study the antioxidant extracts of plant foods *Malva sylvestris* L. et *Rumex palustris* Sm. *BioTechnology An Indian Journal* Volumen 11 Número 12. pp. 469 - 475
- Diaz, Z., Laurenzana, A., Mann, K.K., *et al.*,(2007). Trolox enhances the anti-lymphoma effects of arsenic trioxide, while protecting against liver toxicity. *Leukemia* 21. pp. 2117-2127.
- Dipak, P. (2016). A review on biological activities of common mallow (*Malva sylvestris* L). *Innovare Journal of Life Science*. Vol 4, pp. 1 – 5.
<http://orcid.org/0000-0002-5664-4601>
- Emine, E.S. (2016). Rheological and sensory properties of red colored fruit sauces prepared with different hydrocolloids. *Journal of International Scientific Publications, Agriculture & Food*, Vol. 4. Pp. 496-509.
- Farela, L. (2017). Extracción y caracterización del mucílago de la semilla de chan (Salvia hispánica L.) para la determinación de los parámetros de aplicación como aditivo espesante en función a la concentración en mermelada de fresa (pp. 10 – 14), Facultad de Ingeniería. Universidad Rafael Landívar. Guatemala.
- Fernández-Pachón, Villaño, Troncoso y García-Parrilla (2006). Revisión de los métodos de evaluación de la actividad antioxidante in vitro del vino y valoración de sus efectos in vivo. Facultad de Farmacia, Universidad de Sevilla. Sevilla. España.
- Floegel A., Kimb, D., Chung, S., Koo, SI., y Chun, OK. (2011). Comparison of ABTS/DPPH assays to measure antioxidant capacity in popular antioxidant-rich US foods. *J. Food Compos Anal.* doi:10.1016/j.jfca.2011.01.008.

- Franková, L., y Fry, S. C. (2013). Biochemistry and physiological roles of enzymes that ‘cut and paste’ plant cell-wall polysaccharides. *Journal of Experimental Botany*, Vol 64, 3519-3550.
- Gallardo, C., Pazmiño, A., y Enríquez, B. (2013). Extracción y caracterización reologica del mucilago de *Malvaviscus penduliflorus* (San Joaquin). *Revista Cubana de Plantas Medicinales*. Vol 18, 567-574.
- Garay, S.A. (2017). Senescencia vegetal. *Fisiología Vegetal*. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María. Perú.
<https://www.monografias.com/docs113/senescencia-vegetal/senescencia-vegetal.shtml>
- Geankoplis, C. (1998). *Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias*. México: Continental. 3era Edición. pp. 800-806.
- Gimeno, G. (2000). Fitoterapia. *Medicina Naturista*. N° 2, 109-111. Zaragoza. España.
- Golalikhani, M., Khodaiyan, F., y Khosravi, A. (2014). Response surface optimization of mucilage aqueous extraction from flaxseed (*Descurainia Sophia*) seeds. *International Journal of Biological Macromolecules*. 70:444 – 449.
- Gomes J, de Sousa T, Nobre V, de Vasconcelos D, Rodrigues M, Carneiro S, Cavalcanti EL, de Albuquerque UP. (2010). Antiproliferative activity, antioxidant capacity and tannin content in plants of semi-arid northeastern Brazil. *Molecules* 15: 8534 - 8542.
- Gómez, Y., Bautista, R., y Franco, H. (2015). Evaluación antioxidante e hipoglucemiante de *Malva sylvestris*. XII encuentro Participación de la Mujer en

la Ciencia. Resumen con Registro S2-MCS18. pp. 1-4.
http://congresos.cio.mx/memorias_congreso_mujer/archivos/extensos/sesion2/S2-MCS18.pdf

- Gonzales, M. (2009). Polímeros Biocompatibles para Dispositivos Microfluídicos Sintetizados por Técnicas de Polimerización Controlada“Viviente” Obtención de Copolímeros en Bloque PDMS-b-PMMA. Tesis de Maestría en Química aplicada. Centro de Investigación en Química Aplicada. pp. 1 – 3.
<http://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1025/91>
- Govea, M., Zugasti, A., Silva, S., Valdivia, B., Rodríguez, Raul., Aguilar, C., Morlett, J. (2013). Actividad Anticancerígena del Ácido Gálico en modelos Biológicos in vitro. Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila.Vol. 5, No 9. pp. 5-11.
- Gracia, N. (2009). Cuantificación de Fenoles Flavonoides Totales en Extractos Naturales. Universidad Autónoma de Querétaro. pp. 1-4
https://www.uaq.mx/investigacion/difusion/veranos/memorias-2007/56_1UAQGarciaNava.pdf
- Grigor'ev, IA., Tkacheva, NI., y Morozov, SV. (2014). Conjugates of natural compounds with nitroxyl radicals as a basis for creation of pharmacological agents of new generation. Curr. Med. Chem., 21 (24) (2014), pp. 2839-2852.
DOI : 10.2174 / 0929867321666140304153104
- Hasanpour, A., Jooyandeh, H., Hojjati, M., y Nasehi, B. (2018). Physicochemical and Rheological Properties of Malva Leaves Gum (*Malva neglecta*). Food Technology & Nutrition, Vol. 15, No. 2.

- Hernández, H.D. (2016). Extracción y purificación de un hidrocoloide a partir de “*Portulaca oleracea L*” verdolaga. Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense. Técnico Superior Universitario en Procesos Alimentarios. México. pp. 24 – 35.
- Hiçsönmez, U.; F., Ereeş; C., Ozdemir; A., Ozdemir y S., Cam. (2009). Determination of major and minor elements in the *Malva sylvestris L.* from Turkey using ICP-OES techniques. En *Biol Trace Elem Res.* Vol 128(3). pp. 248-257.
- Ibarz, V., y Babosa-Canovas. (2005). Tecnología de alimentos. Operaciones Unitarias en la ingeniería de alimentos, Madrid. España. pp.129-177.
- Isabelle, M., Lee, BL., Lim, MT., Koh, W., Huang, D., y Ong, CN. (2010). Antioxidant activity and profiles of common fruits in Singapore. *Food Chem* (123). pp. 77 – 84.
- Jimenez, J.A., Gómez, B., Ramirez, J., García, B., Martinez, A., Torres, R., López, T., Ruiz, G y Veloz, R. (2015). Efecto del ultrasonido y la agitación mecánica en la extracción del mucilago de las semillas de *Hyptis suaveolens*. XII Encuentro Participación de la Mujer en la Ciencia. Resumen con Registro S5-BCA14. pp. 30-35.

http://congresos.cio.mx/memorias_congreso_mujer/archivos/extensos/sesion5/S5-BCA14.pdf
- Kaewmanee, T., Bagnasco, L., Benjakul, S., Lanteri, S., Morelli, C.F., Speranza, G., y Cosulich, M.E. (2014). Characterisation of mucilages extracted from seven Italian cultivars of flax. *Food Chemistry* 148, pp. 60-69.

- Kara y Ercelebi. (2016). Rheological and sensory properties of red colored fruit sauces prepared with different hydrocolloids. Gaziantep University, Food Engineering Department. Agriculture & Food. Journal of International Scientific Publications Agriculture & Food, Volume 4. pp. 496-509. DOI: 10.1016 / j.foodchem.2013.10.022
- Kayacier y Dogan. (2006). Rheological properties of some gums-salep mixed solutions. Journal of Food Engineering, 72(3), pp. 261–265.
- Kiani, H., Mousavi, M., Razavi, H., y Morris, E. (2010). Effect of gellan, alone and in combination with high-methoxy pectin, on the structure and stability of doogh, a yogurt-based Iranian drink. Food Hydrocolloids, 24(8), pp. 744–754.
- Kim, J.K., Kim, Y., Na, K.M., Surh, Y.J. y Kim, T.Y. (2007). Gingerol prevents UVB-induced ROS production and COX-2 expression in vitro and in vivo. Free Radical Research 41. pp. 603-614.
- Korir, P., Salim, A., Odalo, J., Waudu, W., Gitu, L., y Yusuf, A. (2018). Optimization of Extraction Condition and Characterization of Malva Verticillata Root Bark Mucilage. International Journal of Chemistry; Vol. 10, No. 2, pp. 1–9.
- Krystyan, M., Sikora, M., Adamczyk, G., y Tomasik, P. (2012). Caramel sauces thickened with combinations of potato starch and xanthan gum. Journal of Food Engineering, 112(1), pp. 22–28.
- Kurabachew, S.D., Casazzab, A.A., Mohamedc, H.B., Perego, P., y Fiori,L.(2015). Extraction of polyphenols from grape skins and defatted grape seeds using subcritical water: Experiments and modeling. Food and Bioproducts Processing, N° 94. pp. 29–38.

- Kuskoski, M., Asuero, A., Torncooso, Ana., Mancini-Filho y Fett, R. (2009). Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 25(4). pp. 726-732.
<https://www.scielo.br/pdf/cta/v25n4/27642.pdf>
- Lai y Liang. (2012). Chemical compositions and some physical properties of the water and alkali-extracted mucilage from the young fronds of *Asplenium australasicum* (J. Sm.) Hook, *Food Hydrocolloids*, Vol. 26, Issue 2, pp. 344-349.
- Lautié, E., Quintero, R., Fliniaux M., Villarreal, M. (2008). Selection methodology with scoring system: Application to Mexican plants producing podophyllotoxin related lignans. *Journal Ethnopharm*, 120(3):pp. 402-412.
- León, D. y Pérez, I. (2018). Efecto de la pasteurización en el contenido de antocianinas y fenoles totales en el jugo de uva (*Vitis vinífera* L.) variedad Red Globe. Universidad Señor de Sipán. Pimentel. Perú. pp. 15 – 89.
- Leo-Rivas, C., Rivas-Morales, C., y García-Hernández, D. (2016). Actividad antioxidante y toxicidad. Capítulo 2. Investigación en plantas de importancia médica. Barcelona. España. OmniaScience. pp. 41-76.
<https://www.omniascience.com/books/index.php/monographs/catalog/view/97/410/815-1>
- López, A., y Denicola, A. (2013). Evaluating the antioxidant capacity of natural product: A review on chemical and cellular-based assays. *Anal. Chim. Acta*. Vol. 763. pp. 1 – 10. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2012.11.051>

- Macías, A. (2013). Propiedades del comportamiento de hidrocoloides en harina nativa y harina extrusionada de trigo. Tesis Maestría. Universidad de Valladolid. España. pp. 1 – 25.
- Mamani, D. (2019). Efecto antibacteriano del extracto etanólico de *Malva sylvestris* sobre *Escherichia coli* atcc 8739 comparado con gentamicina in vitro. Facultad de Ciencias Médicas. Tesis Pregrado. Universidad César Vallejo. Trujillo. Perú. p. 13.
URL <https://hdl.handle.net/20.500.12692/29789>
- Marin Acevedo, J., Tamez, M., Nevero, J., y Garay, L. (2008). Proceso de Obtención del mucílago de Salvia hispánica L. Instituto Tecnológico y de estudios superiores de Monterrey Nuevo León México. pp. 1 – 28.
- Marcotte, Hoshahili y Ramaswamy. (2001). Rheological properties of selected hydrocolloids as a function of concentration and temperature. Food Research International, 34, pp. 695–703.
- Martínez, R.J. (2004). Extracción de goma de la semilla de tara (*Caesalpinia tinctoria*). Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Ingeniería Química y Textil. Lima. Perú. pp. 5 – 164.
- Mejía Reinoso, T.J., Briones García, J.I., y Toledo, N. del R. (2020). Extracción y caracterización del mucílago de la malva común (*Malva sylvestris*) y del guarumbo (*Cecropia peltata*) para realizar ensayos en la formulación de espumante para la remoción de oro nativo en la minería artesanal. Vol. 3, N°1.2, pp. 92-103.

- Mesbahi, G., Jamalian, J., y Farahnaky, A. (2005). Un estudio comparativo sobre las propiedades funcionales de las pectinas de remolacha y cítricos en los sistemas alimentarios. *Alimentos hidocoloides*, 19 (4). pp. 731-738.
- Mezger, T.G. (2006). *The rheology handbook: for users of rotational and oscillatory rheometers*. Editado por V.N.G.C. KG. Edtion ed. New York: Vincentz Network GmbH & Co K. p. 384.
- Mohammadi, M., Sadeghnia, N., Azizi, M., y Neyestani, T., y Mohammad, A. (2014). Development of gluten-free flat bread using hydrocolloids: Xanthan and 1414 CMC. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 20(4), pp.1812–1818.
- Montgomery, D. (2004). *Diseño y Análisis de Experimentos*. Editorial Iberoamericana. México. pp. 13 – 234.
- Muñoz-Bernal et al., (2017). Nuevo acercamiento a la interacción del reactivo de Folin-Ciocalteu con azúcares durante la cuantificación de polifenoles totales. *Rev. Esp.Cienc.Quim.Biol*. Vol. 20.N°2. pp. 23–28.
- Nenen, H. (2017). Actividad antibacteriana in vitro del extracto etanólico de *Malva sylvestris*. Facultad de Medicina. Escuela de Odontología. Universidad Austral de Chile. pp. 7 – 8.
- Ordoñez, G., Reategui, D., y Villanueva, T. (2018). Polifenoles totales y capacidad antioxidante en cáscara y hojas de doce cítricos. Facultad de Ciencias Agropecuarias – UNT. *Scientia Agropecuaria* 9(1). pp. 113-121.

- Otazu, I. (2010). Influencia de la temperatura y tiempo de secado en la calidad de las hojas de *Cymbopogon citratus* D.C. STAF. Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais. Brasil. pp. 1 – 22.
- Palomo, G., Gutierrez, C., Astudillo, S., Rivera, S., Torres, U., Guzmán, J., Moore, C.; Carrasco, S., y Alarcón, L. (2009). Efecto antioxidante de frutas y hortalizas de la zona central de Chile. Rev Chil Nutr Vol. 36, N°2, Junio. pp. 152-158.
- Pastene, E. (2009). Estado actual de la búsqueda de plantas con actividad antioxidante. Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas, 8(6), pp. 449-455.
- Penna, A. (2002). Hidrocoloides. Usos en alimentos. Rev. Food Ingredients, Cuaderno de Tecnología de alimentos y bebidas. Vol. 17. pp. 58 – 61.
- Peñaranda, O., Perilla, J., y Algecira, Nestor. (2008). Revisión de la modificación química del almidón con ácidos orgánicos. Revista Ingeniería e Investigación. Vol. 28. N° 3. pp. 47 – 52.
- Petrucci, Harwood, y Herring, (2003). Química General. 8th edición. Pearson educación S A., Madrid, España. pp. 481 - 484.
- Pimentel, F. (1985). Curso de estadística experimental. Livraria Nobel S.A., São Paulo, Brasil.
- Plank, D., Sapirstein, H., Woollard, D., Zapf, Ch., Lee, V., Chen, C., Hai, R., Tsao, R., Dusterloh, A., y Baugu, S. (2012). Determination of antioxidant activity in Food and Beverages by reaction with 2,2'-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH): Collaborative study first action 2012.04. Journal of AOAC International. Vol. 95 (6). pp. 1562-1569.

- Quemener, B., Marot, C., Moullet, L., Da, Riz V., y Diris J. (2000). Quantitative analysis of hydrocolloids in food systems by methanolysis coupled to reverse HPLC. Part 2. Pectins, alginates and xanthan. *Food Hydrocolloids* 14. pp. 19-28.
- Quiles, J., Ramirez, M., y Yaqoob, P. (2006). *Olive oil and health*. CABI Head Office International. Oxfordshire, UK.
- Quintáns, L. (2008). *Reología de productos alimenticios*. Memoria para optar grado de Doctora, Universidad de Santiago de Compostela. Galicia. España. pp. 10-36.
<https://docplayer.es/14744181-Reologia-de-productos-alimentarios.html>
- Quiñones, M., Miguel, M., y Aleixandre, A. (2012). Los polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables sobre el sistema cardiovascular. *Nutr. Hosp.*, Vol.27, N°1.
- Ramírez, H.H., García, F.C., Vizcaíno, R.A., Cárdenas, J.M., Gutiérrez, C.F., Murga, H.M., y Villagrán, R.S. (2012). ¿Qué son y para qué sirven los antioxidantes? *Revista de divulgación científica y tecnológica de la universidad veracruzana*. Vol. 25, N°2.
- Ramirez-Navas, J. (2006). *Introducción a la Reología de los Alimentos*. Universidad del Valle Cali. Colombia. Edit. ReciteIA v.6. n°1. pp. 1 – 45.
- Retsch (1985). *Operation Manual Paddle Blender*. Typ PB100. Retsch GmbH, 42781 Haan, Rheinische Strasse 36, (pp. 1-31), Germany.
- Reza, Zeynab y Asadi, (2012). Chemical Composition and Antioxidant properties of *Malva sylvestris L.* *Journal of Research in Agricultural Science*. June, volume 8, number 1 (14); pp. 59-68.

- Rodríguez, E., y Sandoval, A. (2003). Hidrocoloides naturales de origen vegetal. *Tecnura*. Vol. 7, N° 13. pp. 4 – 13.
- Rodríguez, M. (2009). Comportamiento reológico de disoluciones acuosas de surfactantes comerciales no iónicos. Tesis Doctoral, Universidad de Granada. pp.64.
- Roldan, C. (2015). Caracterización y cuantificación del comportamiento reológico del hidrocoloide proveniente del nostoc (*Nostoc sphaericum* V.). Tesis. Tecnología de Alimentos de la Escuela de Posgrado de la UNALM. Lima. Perú. pp. 1 – 65.
- Samavati y Manoochehrizade. (2013). Polysaccharide extraction from *Malva sylvestris* and its anti-oxidant activity. *International journal of biological macromolecules*. Vol. 60. pp. 427-436.
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2013.04.050>
- Sanchez, P., García, R., Quiroz, K., Verdugo, G., y Vogel, H. (2007). Efecto de las condiciones medioambientales sobre la anatomía de la epidermis foliar de *Chloraea crispa* lindl. *Agro Sur* 35(2). pp.45–47.
<https://doi.org/10.4206/agrosur.2007.v35n2-22>
- Serván, A.A. (2018). Interés farmacéutico de los mucilagos. Tesis de doctorado. Universidad de Sevilla. España. pp. 2–33.
- Torres, M. D., Moreira, R., Chenlo, F., y Vázquez, M. J. (2012). Water adsorption isotherms of carboxymethyl cellulose, guar, locust bean, tragacanth and xanthan 104 gums. *Carbohydrate polymers*, 89(2), 592-598.

- Tovar, B. (2018). Efecto de la temperatura de secado en los compuestos bioactivos y capacidad antioxidante del níspero (*Mespilus germánica L.*). Tesis. Facultad de Ingeniería en industrias Alimentarias de la UNCP. Huancayo. Perú. pp. 1-89.
- Valencia, Eréndira., Figueroa, Iván; Martinez, S., Martínez, E; Bartolomé, M., Martinez, Héctor., y García, Martha. (2017). Polifenoles: Propiedades antioxidantes y toxicológicas. Revista de la Facultad de Ciencias Químicas. pp. 1390-1869.
- Vargas, R. (2012). Extracción y caracterización química y reológica de hidrocoloide de *Opuntia spinulifera* con perspectivas de aditivo en la industria de alimentos. Universidad Nacional de Trujillo, Programa Doctoral en Ciencias Ambientales. Trujillo. Perú. pp. 1-90.
- Velásquez, G.S. (2014). Estudio térmico y termodinámico del mucílago extraído de la semilla de chíá (*Salvia hispanica l*) para establecer condiciones de estabilidad y funcionalidad. Tesis Maestría. Universidad Autónoma del Estado de México. pp. 11-27.
- Villano. S.B. (2016). Comparación de métodos de extracción de espesantes alimenticios de tres variedades de cactáceas (Cactaceae).Universidad Nacional José María Arguedas. Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial. pp. 4-21.
- Villarreal, V.E., Gamarra, S.C., Silva, C.C., Cruzado, R.J., Ruiz, R.G., Costilla, S.N., Zevallos, T.L., y García, A.J. (2019). Actividad antioxidante in vitro y compuestos fenólicos de las hojas de *Beautempisia avicenniifolia* (Kunth) Gaudich (Capparaceae). Arnaldoa 26(1), Enero – Abril. pp. 409-420.

- Weler, V. (2016). Los Consumidores prefieren los ingredientes naturales como los hidrocoloides. Food News Latam.
<https://www.foodnewslatam.com/paises/4965-internacional/5652-consumidores-prefieren-ingredientes-naturales-hidrocoloides.html>
- Yang H., Iruyadaraj J., Otgonchimeg S., y Walsh M. (2004). Rheological study of starch and dairy ingredient-based food systems. Food chemistry 86. pp.571-578.
- Yaseen, E.I., Herald, T.J., Aramouni, F.M. y Alavi, S. (2005). Rheological properties of selected gum solutions. Food Research International, 38. pp. 111–119.
- Zeki (2013). Food Process Engineering and Technology, Second Edition Academic Press. US. pp. 77–125.
- Zeta-Meter, Inc. (2010). Potencial Zeta: Un curso completo en 5 minutos. PO Box 3008. Staunton, VA 24402. USA. pp. 1-11.
- Ziolkovska, A. (2012). Laws of flaxseed mucilage extraction. Food Hydrocolloids 26(1). pp. 197-204.
- Zugic, A., Dordevic, I., Arsic, I., Markovic, J., Zivkovic, S., Jovanovic y Tadic, V. (2014). Antioxidant activity and phenolic compounds in 10 selected herbs from Vrujci Spa, Serbia. Industrial Crops and Products. 52 (1). pp.519 – 527.

ANEXOS

Anexo 1

Rendimiento (%p/p) en extracción según hidratación de hidrocoloides

B		b ₀	b ₁	b ₂	b ₃
A		0	30	60	90
a ₀	15	14.628	9.472	3.376	0.951
		13.604	8.414	3.266	0.995
		13.202	10.113	3.358	1.054
Promedio		13.811	9.333	3.333	1.000
a ₁	20	22.293	13.565	11.381	4.993
		21.221	16.388	11.74	7.945
		20.799	18.25	12.263	8.313
Promedio		21.438	16.068	11.795	7.084
a ₂	25	25.502	18.341	15.853	9.261
		24.382	19.305	13.519	9.614
		23.942	19.354	13.628	9.696
Promedio		24.609	19.000	14.333	9.524
a ₃	30	24.254	17.670	10.580	3.486
		23.087	16.860	9.717	2.565
		22.627	15.880	8.676	1.467
Promedio		23.323	16.803	9.658	2.506
Promedio General		20.80	15.30	9.78	5.03

A: Relación (g. agua/g. polvo)

B: Tiempo (min)

Anexo 2

Rendimiento (%p/p) según condiciones de hidratación para optimización-I Parte

Ensayo	Bloque	Solvente/soluto	Tiempo	Rendimiento
		(g. agua/g, hojas)	(min)	(%p/p)
1	1	20	90	4.993
2	1	25	30	18.341
3	1	25	90	9.614
4	1	20	60	11.74
5	1	15	30	9.472
6	1	25	60	15.853
7	1	15	60	3.376
8	1	15	90	0.951
9	1	20	30	16.388
10	2	20	90	7.945
11	2	25	30	19.305
12	2	25	90	9.261
13	2	20	60	11.381
14	2	15	30	8.414
15	2	25	60	13.519
16	2	15	60	3.358
17	2	15	90	1.054
18	2	20	30	18.25
19	3	20	90	8.313
20	3	25	30	19.354
21	3	25	90	9.696
22	3	20	60	12.263
23	3	15	30	10.113
24	3	25	60	13.628
25	3	15	60	3.266
26	3	15	90	0.995
27	3	20	30	13.565

Anexo 3

Rendimiento (%p/p) según condiciones de hidratación para optimización-II Parte

Ensayo	Bloque	Solvente/soluto	Tiempo	Rendimiento
		(g. agua/g. hojas)	(min)	(%p/p)
1	1	15	0	14.628
2	1	15	30	9.472
3	1	15	60	3.376
4	1	15	90	0.951
5	1	20	0	22.293
6	1	20	30	13.565
7	1	20	60	11.381
8	1	20	90	4.993
9	1	25	0	25.502
10	1	25	30	18.341
11	1	25	60	15.853
12	1	25	90	9.261
13	1	30	0	24.254
14	1	30	30	17.67
15	1	30	60	10.58
16	1	30	90	3.486
17	2	15	0	13.604
18	2	15	30	8.414
19	2	15	60	3.266
20	2	15	90	0.995
21	2	20	0	21.221
22	2	20	30	16.388
23	2	20	60	11.74
24	2	20	90	7.945
25	2	25	0	24.382
26	2	25	30	19.305
27	2	25	60	13.519
28	2	25	90	9.614
29	2	30	0	23.087
30	2	30	30	16.86
31	2	30	60	9.717
32	2	30	90	2.565
33	3	15	0	13.202
34	3	15	30	10.113
35	3	15	60	3.358
36	3	15	90	1.054
37	3	20	0	20.799
38	3	20	30	18.25
39	3	20	60	12.263
40	3	20	90	8.313
41	3	25	0	23.942
42	3	25	30	19.354
43	3	25	60	13.628
44	3	25	90	9.696
45	3	30	0	22.6276
46	3	30	30	15.88
47	3	30	60	8.676
48	3	30	90	1.467

Anexo 4

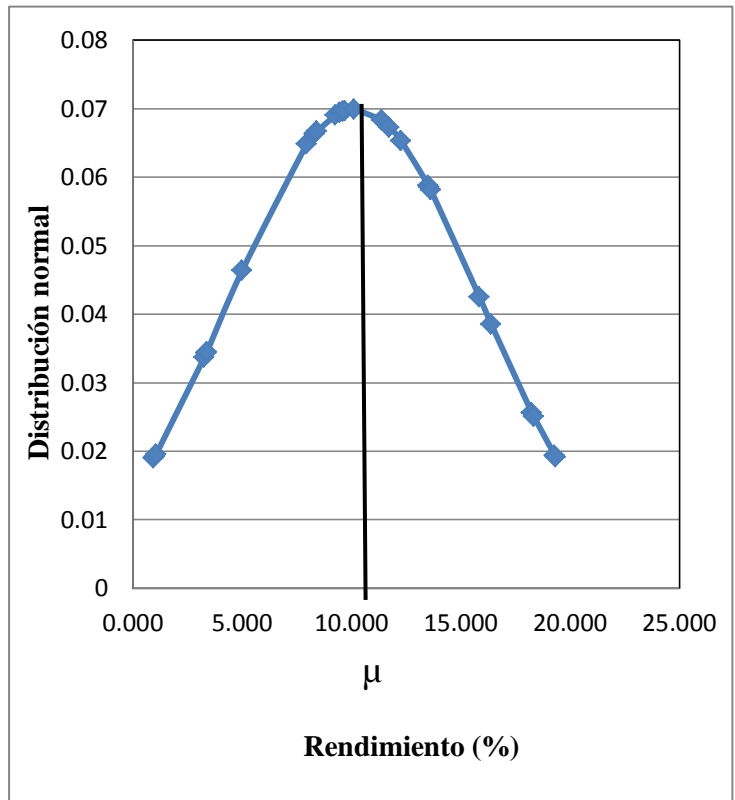
Distribución normal para la hidratación – I parte

Ensayo N°	Rendimiento (%) X	Distribución normal f(x)
1	0.951	0.01899070
2	0.995	0.01922805
3	1.054	0.01954916
4	3.358	0.03433188
5	3.266	0.03367357
6	3.376	0.03446113
7	4.993	0.04637632
8	7.945	0.06482988
9	8.313	0.06633789
10	8.414	0.06670933
11	9.261	0.06905042
12	9.472	0.06940791
13	9.614	0.06959594
14	9.696	0.06968509
15	10.113	0.06991644
16	11.381	0.06834477
17	11.740	0.06729980
18	12.263	0.06534144
19	13.519	0.05881461
20	13.565	0.05853449
21	13.628	0.05814689
22	15.853	0.04252721
23	16.388	0.03856121
24	18.250	0.02560993
25	18.341	0.02503435
26	19.305	0.01937197
27	19.354	0.01910655

Promedio (μ) = 10.16325926
 Desviación estándar (σ) = 5.705765273
 $e = 2.71828$

Ecuación para el cálculo de distribución normal:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$



Campana de Gauss para el rendimiento (%)

Anexo 5

Prueba de Bartlett - Prueba de homogeneidad de varianzas para la hidratación – I parte

Ensayo (n)	Repeticiones			SC	GL	1/GL	Si ² /GL	LogSi ²	GLLogSi ²
	R1	R2	R3						
1	4.993	7.945	8.313	157.159	2	0.5	78.58	1.8953	3.790619
2	18.341	19.305	19.354	1083.65	2	0.5	541.83	2.7339	5.46772
3	9.614	9.261	9.696	272.208	2	0.5	136.1	2.1339	4.26774
4	11.74	11.381	12.263	417.736	2	0.5	208.87	2.3199	4.639744
5	9.472	8.414	10.113	262.787	2	0.5	131.39	2.1186	4.237148
6	15.853	13.519	13.628	619.803	2	0.5	309.9	2.4912	4.982448
7	3.376	3.358	3.266	33.3403	2	0.5	16.67	1.2219	2.443879
8	0.951	1.054	0.995	3.00534	2	0.5	1.5027	0.1769	0.353728
9	16.388	18.25	13.565	785.638	2	0.5	392.82	2.5942	5.188385
TOTAL				3635.33	18				35.37141

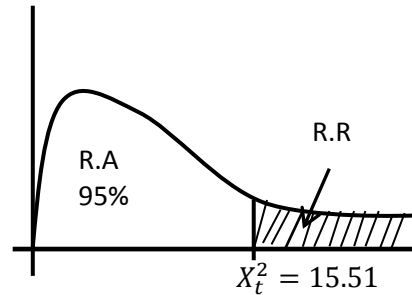
Hipótesis:

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \dots = \sigma_9^2$$

$$H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2 \neq \sigma_3^2 = \dots \neq \sigma_9^2$$

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Estimación de parámetros:



$$S^2 = \frac{\sum_1^9 SCi}{\sum_1^9 GL} = \frac{3635.33}{18} = 201.963$$

$$\beta = (\text{Log } S^2) \sum_1^9 GL = (\text{Log } 201.963^2) 18 = 41.4949$$

$$X_{(n-1)}^2 = X_8^2 = \text{Ln}10 \left[\beta - \sum_1^9 (GL \text{Log} Si^2) \right] = 2.3026 [41.4949 - 35.37141] = 14.099$$

$$X_t^2 = 15.51, \text{ con } GL=8$$

Conclusión: Como el Chi cuadrado de Bartlett (14.099) es inferior al Chi cuadrado de Pearson (15.51), se encuentra en la región de aceptación, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula, es decir, las varianzas son homogéneas, por lo que se puede afirmar que el procedimiento es aleatorio y existe alta probabilidad que las fuentes de variación sean las mismas.

Anexo 6

Distribución normal para la hidratación – II parte

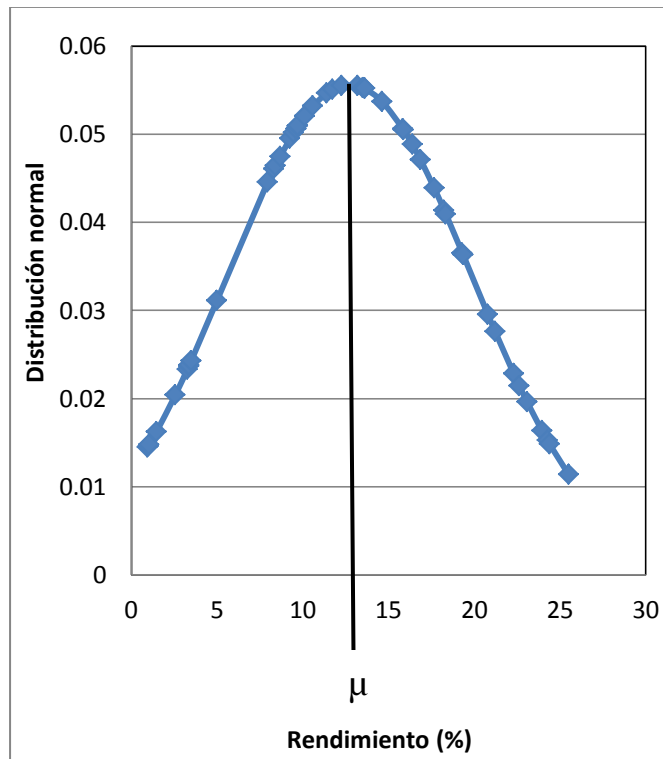
Ensayo N°	Rendimiento (%) X	Distribución normal f(x)
1	0.951	0.014451393
2	0.995	0.014597428
3	1.054	0.014794692
4	1.467	0.016221463
5	2.565	0.020388581
6	3.266	0.023305437
7	3.358	0.023701205
8	3.376	0.023778963
9	3.486	0.024256403
10	4.993	0.031104066
11	7.945	0.044543308
12	8.313	0.046032768
13	8.414	0.046428816
14	8.676	0.047428274
15	9.261	0.049499221
16	9.472	0.050186155
17	9.614	0.050629134
18	9.696	0.050877631
19	9.717	0.050940395
20	10.113	0.052054924
21	10.58	0.053191845
22	11.381	0.054657671
23	11.74	0.055104149
24	12.263	0.055511631

Ensayo N°	Rendimiento (%) X	Distribución normal f(x)
25	13.202	0.05550509
26	13.519	0.05528846
27	13.565	0.05524813
28	13.604	0.05521218
29	13.628	0.05518925
30	14.628	0.05370523
31	15.853	0.05058335
32	15.88	0.05050003
33	16.388	0.04882848
34	16.86	0.04711268
35	17.67	0.0438625
36	18.25	0.04134855
37	18.341	0.0409431
38	19.305	0.03652179
39	19.354	0.03629275
40	20.799	0.02952119
41	21.221	0.02758134
42	22.293	0.02284907
43	22.627	0.02144945
44	23.087	0.01959141
45	23.942	0.01637488
46	24.254	0.01528336
47	24.382	0.01484875
48	25.502	0.01138051

Promedio (μ) = 12.7260417
Desviación estándar (σ) = 7.17167932
e = 2.71828

Ecuación para el cálculo de distribución normal:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$



Anexo 7

Prueba de Bartlett - Prueba de homogeneidad de varianzas para la hidratación – II parte

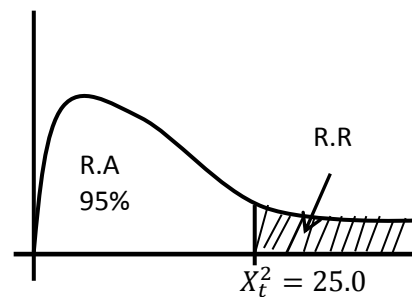
Ensayo	Repeticiones			SC	GL	1/GL	Si ² /GL	LogSi ²	GLLogSi ²
	R1	R2	R3						
1	14.628	13.604	13.202	573.3400	2	0.5	286.6700	2.457382	4.91476
2	9.472	8.414	10.113	262.7869	2	0.5	131.3934	2.11857	4.237147
3	3.376	3.266	3.358	33.3402	2	0.5	16.6701	1.221939	2.443878
4	0.951	0.995	1.054	3.0053	2	0.5	1.5026	0.176863	0.353727
5	22.293	21.221	20.799	1379.907	2	0.5	689.9535	2.838819	5.67763
6	13.565	16.388	18.25	785.6382	2	0.5	392.8191	2.594192	5.188385
7	11.381	11.74	12.263	417.735	2	0.5	208.8679	2.319871	4.639743
8	4.993	7.945	8.313	157.1590	2	0.5	78.57952	1.895309	3.790618
9	25.502	24.382	23.942	1818.053	2	0.5	909.0266	2.958576	5.917153
10	18.341	19.305	19.354	1083.652	2	0.5	541.8263	2.733860	5.467720
11	15.853	13.519	13.628	619.8033	2	0.5	309.9016	2.491223	4.982447
12	9.261	9.614	9.696	272.2075	2	0.5	136.1037	2.133870	4.267740
13	24.254	23.087	22.627	1633.247	2	0.5	816.6236	2.912021	5.824043
14	17.67	16.86	15.88	848.66	2	0.5	424.331	2.627705	5.255410
15	10.58	9.717	8.676	281.6294	2	0.5	140.8147	2.148648	4.297296
16	3.486	2.565	1.467	20.883	2	0.5	10.4417	1.01877	2.0375
TOTAL				10191.05	32				69.29526

Hipótesis:

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \dots = \sigma_{16}^2$$

$$H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2 \neq \sigma_3^2 = \dots \neq \sigma_{16}^2$$

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$



Estimación de parámetros:

$$S^2 = \frac{\sum_1^{16} SCi}{\sum_1^{16} GL} = \frac{10191.05}{32} = 318.47$$

$$\beta = (\text{Log } S^2) \sum_1^{16} GL = (\text{Log } 318.47^2) 32 = 80.098$$

$$X_{(n-1)}^2 = X_{15}^2 = \text{Ln}10 \left[\beta - \sum_1^{16} (GL \text{Log } Si^2) \right] = 2.3026[80.098 - 69.295] = 24.874$$

$$X_t^2 = 25., \text{ con } GL=15$$

Conclusión: Como el Chi cuadrado de Bartlett (24.874) es inferior al Chi cuadrado de Pearson (25.0), se encuentra en la región de aceptación, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula, es decir, las varianzas son homogéneas, por lo que se puede afirmar que el procedimiento es aleatorio y existe alta probabilidad que las fuentes de variación sean las mismas.

Anexo 8

Índice de Consistencia (k) de hidrocoloides según temperatura y concentración

B	bo	b1	b2
A	0.70%	1.40%	2.10%
ao:20°C	0.0082	0.014	0.031
	0.0078	0.017	0.027
	0.0079	0.014	0.028
Suma	0.0239	0.045	0.086
Promedio	0.0080	0.015	0.029
a1:30°C	0.0068	0.014	0.025
	0.0066	0.012	0.023
	0.0068	0.011	0.025
Suma	0.0202	0.037	0.073
Promedio	0.007	0.012	0.024
a2:40°C	0.0057	0.008	0.02
	0.006	0.008	0.017
	0.0059	0.010	0.016
Suma	0.0176	0.026	0.053
Promedio	0.006	0.009	0.018
Suma Total	0.0617	0.108	0.212
Promedio	0.0069	0.012	0.0236

A: Temperatura (°C)

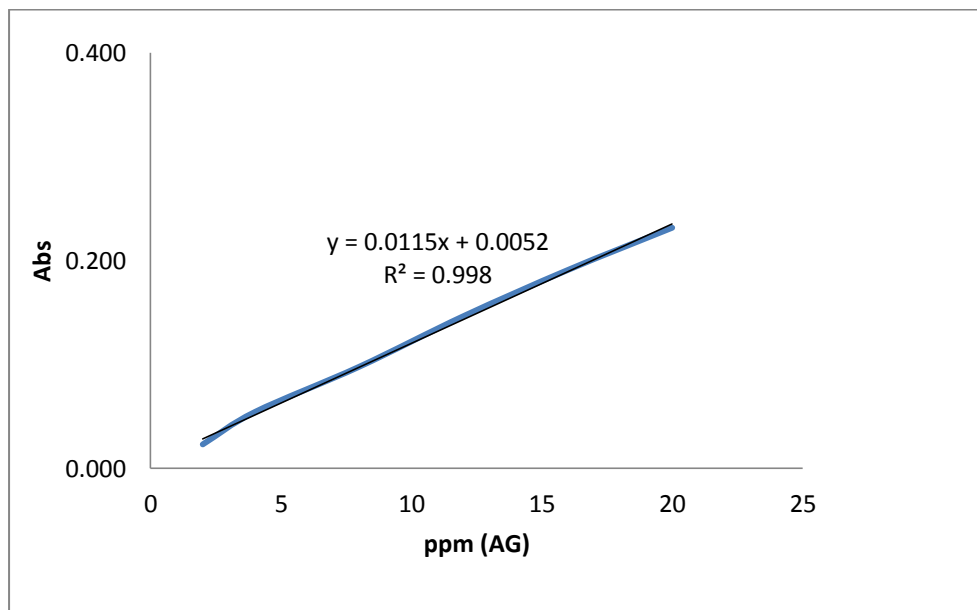
B: Concentración (%p/v)

Anexo 9

Curva estándar para la cuantificación de polifenoles totales

Método Folin-Ciocalteu

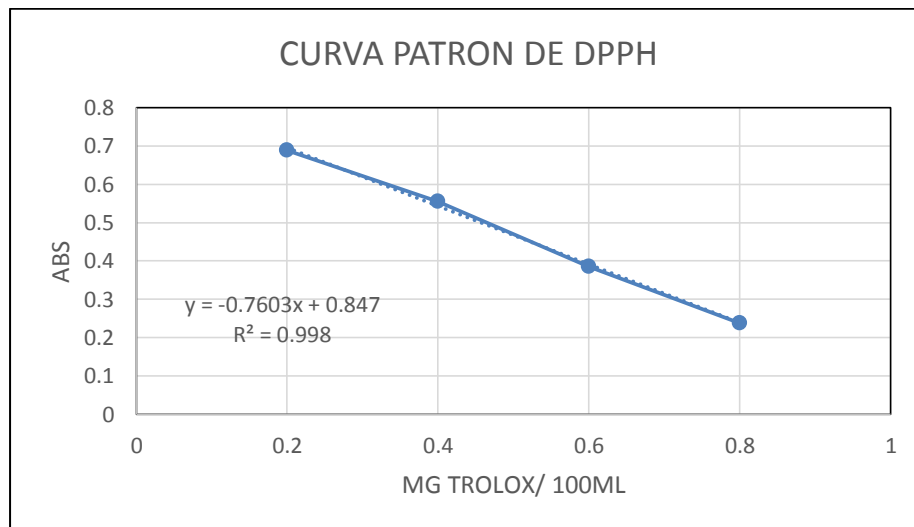
TUBO	CONCENT. Ppm	ABS
1	2	0.023
2	4	0.054
3	8	0.098
4	12	0.147
5	16	0.191
6	20	0.232



Anexo 10 Curva estándar para Capacidad Antioxidante

Método DPPH

TUBO	CONCENT. (mg trolox/ 100ml)	ABS
1	0.8	0.237921
2	0.6	0.385881
3	0.4	0.555435
4	0.2	0.688255



Anexo 11

Ilustración del proceso de acondicionamiento de hojas de *Malva sylvestris* para extracción de hidrocoloides



RECOLECCIÓN



SECADO



LAVADO



CARACTERIZADO



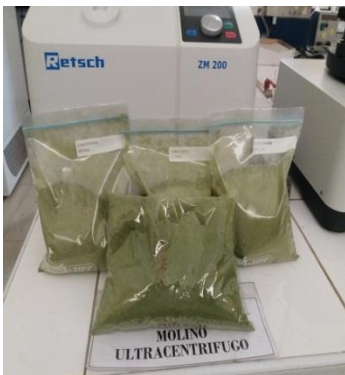
DESHIDRATADO



MOLIENDA



TAMIZADO



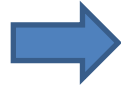
ENVASADO

Anexo 12

Ilustración del proceso de extracción de hidrocoloides a partir del polvo de hojas de *Malva sylvestris*



HIDRATACIÓN



SOLUBILIZACIÓN



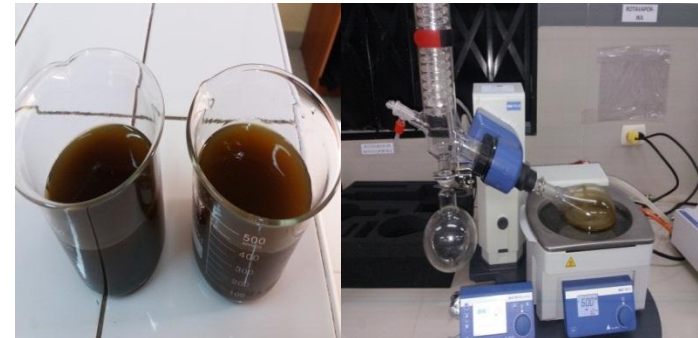
CENTRIFUGACIÓN



ENVASADO



DESHIDRATACIÓN



CONCENTRACIÓN

Optimización de la extracción mecánica, comportamiento reológico y actividad antioxidante de los hidrocoloides de las hojas de *Malva sylvestris*

por Jorge Dominguez Castañeda

Fecha de entrega: 29-jul-2020 09:27p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1363838765

Nombre del archivo: INFORME_TESIS_FINAL.pdf (1.13M)

Total de palabras: 25917

Total de caracteres: 130916

Optimización de la extracción mecánica, comportamiento reológico y actividad antioxidante de los hidrocoloides de las hojas de Malva sylvestris

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	revistas.ucv.edu.pe Fuente de Internet	7%
2	Submitted to Universidad Nacional del Santa Trabajo del estudiante	2%
3	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	docplayer.es Fuente de Internet	1%
5	www.bdigital.unal.edu.co Fuente de Internet	1%
6	Submitted to CONACYT Trabajo del estudiante	1%
7	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	<1%
8	tesis.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1%

9	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	<1%
10	www.malva.com.es Fuente de Internet	<1%
11	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1%
12	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1%
13	revistas.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1%
14	congresos.cio.mx Fuente de Internet	<1%
15	Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola Trabajo del estudiante	<1%
16	pt.scribd.com Fuente de Internet	<1%
17	Submitted to Universidad de Jaén Trabajo del estudiante	<1%
18	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1%
19	sedici.unlp.edu.ar Fuente de Internet	<1%
20	Submitted to Universidad Carlos III de Madrid Trabajo del estudiante	<1%

21	Submitted to Universidad Nacional de Colombia Trabajo del estudiante	<1%
22	Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego Trabajo del estudiante	<1%
23	cybertesis.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	<1%
24	dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet	<1%
25	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1%
26	www.itwreagents.com Fuente de Internet	<1%
27	saludablenaturaleza.blogspot.com Fuente de Internet	<1%
28	repositorio.utp.edu.co Fuente de Internet	<1%
29	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1%
30	www.colpos.mx Fuente de Internet	<1%
31	www.senba.es Fuente de Internet	<1%

32	www.dspace.uce.edu.ec Fuente de Internet	<1%
33	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	<1%
34	dspace.ucuenca.edu.ec Fuente de Internet	<1%
35	tumi.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	<1%
36	www.google.com Fuente de Internet	<1%
37	eprints.ucm.es Fuente de Internet	<1%
38	Submitted to Asociación Educativa Davy Trabajo del estudiante	<1%
39	Submitted to Fundacion Universidad de America Trabajo del estudiante	<1%
40	www.revistas.usach.cl Fuente de Internet	<1%
41	www.scielo.org.pe Fuente de Internet	<1%
42	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1%
43	worldwidescience.org Fuente de Internet	<1%

44 revistas.uach.cl <1%
Fuente de Internet

45 www.scielo.org.mx <1%
Fuente de Internet

46 oa.upm.es <1%
Fuente de Internet

47 www.buenastareas.com <1%
Fuente de Internet

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

< 15 words

Excluir bibliografía

Activo