



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Extracción asistida por ultrasonido de mucilago de nopal para su  
uso como floculante natural en agua de rio Moquegua 2021**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**Ingeniera Ambiental**

**AUTORA:**

Guevara Ajrota, Yalely Evelyn (ORCID: 0000-0002-5594-643X)

**ASESOR:**

MSc. Quijano Pacheco, Wilber Samuel (ORCID: 0000-0001-7889-7928)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2022

## **DEDICATORIA**

A mis padres quienes, a través de su amor, paciencia, buenos valores han forjado mi camino y me han dirigido en el sendero de lo correcto, a mi esposo por su apoyo incondicional, a mi pequeño hijo quien es el mayor motivo para alcanzar cada una de mis metas trazadas y a Dios por siempre estar conmigo y permitirme cumplir con uno de mis principales objetivos.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Cesar Vallejo, por la gran oportunidad que me brindaron de poder cumplir con uno mis más grandes objetivos.

A la Universidad Nacional de Moquegua, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, por la facilidad que me brindo en el uso del laboratorio de Biotecnología, equipos y materiales, en especial al Mgr. Erick Allca Allca por su guía durante el desarrollo de la tesis.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS .....	v
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vii
RESUMEN .....	viii
ABSTRACT .....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	5
III. METODOLOGÍA .....	17
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	18
3.1.1. Tipo de investigación .....	18
3.1.2. Diseño de la investigación .....	18
3.2. Variables y operacionalización .....	18
3.3. Población, muestra y muestreo.....	19
3.3.1. Población.....	19
3.3.2. Muestra.....	19
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	19
3.5. Procedimiento .....	20
3.5.1. Ubicación del trabajo experimental .....	20
3.6. Método de análisis de datos.....	24
3.7. Aspectos éticos .....	25
IV. RESULTADOS.....	26
V. DISCUSIÓN.....	40

VI. CONCLUSIONES .....	44
VII. RECOMENDACIONES .....	46
REFERENCIAS.....	48

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Composición química de cladiolos de nopal amarillo .....	10
Tabla 2 Composición química del mucílago de Opuntia (g/100 g muestra) .....	10
Tabla 3 Niveles de los parámetros del río Moquegua en periodos de estiaje y de avenida .....	15
Tabla 4 Variables de estudio para etapas I y II .....	18
Tabla 5. Hoja de registro para la etapa I extracción asistida por ultrasonido de mucilago .....	22
Tabla 6. Hoja de registro para la etapa II tratamiento de agua.....	24
Tabla 7 Análisis de varianza para rendimiento porcentual .....	27
Tabla 8 Prueba de medias LSD Fisher para pH.....	27
Tabla 9 Prueba de medias LSD Fisher para temperatura .....	27
Tabla 10 Prueba de medias LSD Fisher para pH * temperatura .....	28
Tabla 11 Análisis de varianza para la humedad .....	29
Tabla 12 Prueba de medias LSD Fisher para pH.....	29
Tabla 13 Prueba de medias LSD Fisher para temperatura .....	29
Tabla 14 Prueba de medias LSD Fisher para pH * temperatura .....	30
Tabla 15 Análisis de varianza para ceniza .....	31
Tabla 16 Prueba de medias LSD Fisher para pH * temperatura .....	31
Tabla 17 Análisis de varianza para densidad .....	32
Tabla 18 Prueba de medias LSD Fisher para pH * temperatura .....	32
Tabla 19 Granulometría de mucilago .....	33
Tabla 20 Análisis de varianza para turbidez.....	34
Tabla 21 Prueba de medias LSD Fisher de velocidad de agitación para turbidez	34
Tabla 22 Prueba de medias LSD Fisher de concentración para turbidez.....	34

Tabla 23 Prueba de medias LSD Fisher de velocidad * concentración para turbidez .....	35
Tabla 24 Análisis de varianza para pH.....	36
Tabla 25 Prueba de medias LSD Fisher de concentración para pH.....	36
Tabla 26 Prueba de medias LSD Fisher de velocidad * concentración para pH ...	36
Tabla 27 Análisis de varianza para conductividad eléctrica .....	37
Tabla 28 Prueba de medias LSD Fisher de concentración para conductividad eléctrica .....	38
Tabla 29 Prueba de medias LSD Fisher de velocidad * concentración para conductividad eléctrica .....	38

## Índice de figuras

Figura 1. Estructuras de los polímeros presentes en el mucilago. ....	9
Figura 2. (i) Burbuja de cavitación, (ii) formación de burbujas y colapso por cavitación en cercanías cercanas de sonda ultrasónica. ....	11
Figura 3. Imagen obtenida por microscopio electrónico de barrido de una matriz antes y después del tratamiento con ultrasonido.....	12
Figura 4. Ultrasonidos: (a) Baño ultrasónico*, (b) Ultrasonido de sonda** .....	13
Figura 5. Cuenca del rio Osmore .....	14
Figura 6. Contenido de mucilago % por cada tratamiento.....	28
Figura 7. Humedad % por cada tratamiento.....	30
Figura 8. Ceniza% por cada tratamiento .....	32
Figura 9. Densidad por cada tratamiento .....	33
Figura 10. Turbidez por cada tratamiento.....	35



## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar la extracción asistida por ultrasonido de mucílago de nopal para su uso como floculante natural en agua de río Moquegua 2021. Es aplicado del tipo experimental que tuvo por objetivos específicos: Evaluar el efecto del pH (5, 7, 9 pH) y temperatura (40, 60 y 80 °C) sobre el rendimiento de extracción del mucilago de nopal, humedad, ceniza y densidad. Evaluar el efecto de la concentración de mucilago (0, 5, 10 g/L) y velocidad de agitación (50, 100, 150 rpm) sobre los parámetros fisicoquímicos como turbidez, pH y conductividad eléctrica en el tratamiento del agua cruda. Se utilizó cladiolos de nopal obtenidos en el distrito de Moquegua centro poblado de los Ángeles fundo el Alfar, obteniéndose el mejor rendimiento de extracción a pH 7 y temperatura de 60°C con 9.45 % además se demostró que existe diferencia estadística significativa ( $P < 0,05$ ) en los factores e interacciones del experimento, tanto la humedad 13.17%, ceniza 13.5 % y densidad 0.98 g/ml, si bien los valores presentan diferencia estadística significativa no alteraron su composición. Utilizando el mucilago obtenido, como floculante se aplicó 3 tratamientos (0,5 y 10 g/L) en agua de río, obteniendo mejores resultados con una concentración de 5 g/L y velocidad de 100 rpm, los parámetros de turbidez con un 23.13 NTU, 6.09pH y 1199  $\frac{\mu S}{cm}$  de conductividad eléctrica. En conclusión, se mejoró la obtención del rendimiento del mucilago y su utilización como floculante natural para aguas de río con turbiedad.

**Palabras clave.** Extracción asistida por ultrasonido, mucilago, rendimiento, floculante

## ABSTRACT

The objective of this research work was to evaluate the ultrasound-assisted extraction of nopal mucilage for use as a natural flocculant in Moquegua river water 2021. It is applied of the experimental type with the following specific objectives: To evaluate the effect of pH (5, 7, 9 pH) and temperature (40, 60 and 80 °C) on the extraction yield of nopal mucilage, humidity, ash and density. To evaluate the effect of mucilage concentration (0, 5, 10 g/L) and agitation speed (50, 100, 150 rpm) on physicochemical parameters such as turbidity, pH and electrical conductivity in raw water treatment. Nopal cactus cladiales obtained in the district of Moquegua, in the Los Angeles, Alfalfar, village center, were used. The best extraction yield was obtained at pH 7 and a temperature of 60°C with 9.45%. It was also demonstrated that there is a significant statistical difference ( $P < 0.05$ ) in the factors and interactions of the experiment, both the humidity 13.17%, ash 13.5% and density 0.98 g/ml, although the values present a significant statistical difference, they did not alter its composition. Using the obtained mucilage as flocculant, 3 treatments (0.5 and 10 g/L) were applied in river water, obtaining better results with a concentration of 5 g/L and speed of 100 rpm, the turbidity parameters with 23.13 NTU, 6.09pH and 1199 ( $\mu\text{S}$ )/cm of electrical conductivity. In conclusion, the yield of the mucilage and its use as a natural flocculant for river water with turbidity was improved.

**Keywords.** Ultrasound-assisted extraction, mucilage, yield, flocculant

## I. INTRODUCCIÓN

El genero *Opuntia* se encuentra dentro de la familia de las Cactáceas, y una de sus características es que en diferentes partes de la planta estas contienen mucilago (Procacci et al., 2021, p. 91). El mucilago está formado por varios polímeros, y en la actualidad, este viene siendo utilizado en diferentes industrias como la alimentaria y farmacéutica debido a que puede ser utilizado en diferentes aplicaciones como de recubrimiento, emulsionante, aglutinante y agentes gelificantes, coagulante entre otros (Tosif et al., 2021, p. 3). Diversos estudios demuestran que el mucilago está constituido principalmente de L-arabinosa, D-galactosa, L-ramnosa, D-xilosa y ácido galacturónico entre otros (Procacci et al., 2021, p. 101; Tosif et al., 2021, p. 6)

El mucilago al ser un compuesto que forma parte de la estructura de las cactáceas, este debe ser extraído, en la actualidad existen varios métodos de extracción, tanto convencionales (se somete la muestra en una solución acuosa), y las nuevas tecnologías de como: extracción asistida por ultrasonido (EAU), fluidos supercríticos (FS), extracción por microondas (EM) y líquidos presurizados (LP) (Huamán-Castilla, Mariotti-Celis, Martínez-Cifuentes, y Pérez-Correa, 2020; Cuevas-Valenzuela et al., 2016), sin embargo, la de FS y LP de difícil escalamiento industrial y de elevado costo debido a su complejo sistema de extracción y elevadas presiones (> 100 bar), en ese sentido, la EAU propone ser una alternativa viable debido al uso de presiones atmosféricas. De los parámetros que intervienen en la EAU son la relación matriz-solvente, temperatura, pH, tamaño de partícula, tiempo de extracción, y potencia de ultrasonido (Bayar et al., 2017a, p. 2).

Un requisito previo para la formación de mucílago en la extracción es el aumento en la concentración macromolecular en la fase acuosa a granel al menos hasta un valor mínimo a partir del cual en adelante las macromoléculas son capaces de afectar la reología de la fase acuosa eso sugiere que las macromoléculas inductoras de viscosidad deben transferirse del cuerpo de la matriz de otra a la mayor parte de la fase acuosa (Ritzoulis, 2017, p. 61). Es por ello que en la actualidad se vienen proponiendo diferentes alternativas de extracción

Es por ello que se encontró un vacío científico, para mejorar rendimiento de la extracción de mucilago y su aplicación como floculante en el tratamiento de agua,

debido a que los polímeros que conforman el mucilago dependen del tipo de extracción (Procacci et al., 2021), por lo que no solo un alto nivel de extracción de mucilago puede ser tener una adecuada acción como floculante en el tratamiento de agua.

La industria de tratamiento de agua comúnmente utiliza floculantes sintéticos como cloruro férrico, sulfato ferroso, los cuales si bien presentan buena eficiencia de floculación, también generan problemas en el agua como reducción de pH del agua tratada, presencia de iones de hierro, e incremento del nivel de cloruros y sulfatos, debiéndose utilizar reguladores de pH para que el agua pueda ser consumida (Lee et al., 2014), lo que conlleva a adquirir reguladores de pH como la cal por lo que se incrementan los costos de operación. El mucilago, debido a sus propiedades puede ser utilizado como floculante natural y no recude el pH (Ortiz et al., 2011), por lo que no sería necesario el uso de reguladores de pH

El presente trabajo de investigación presenta el siguiente problema general, ¿Cómo es la extracción asistida por ultrasonido de mucilago de nopal para su uso como floculante natural en agua de río Moquegua 2021? Y los problemas específicos son: ¿Cuál será el óptimo en temperatura y Ph en la extracción asistida por ultrasonido de mucilago de nopal para usar como floculante en agua de río? ¿Cuáles son las características del mucilago de nopal obtenido de la extracción asistida por ultrasonido para usar como floculante en agua de río? y ¿Cuál será la concentración optima del mucilago de nopal como floculante en el tratamiento de agua de río?

El objetivo general es Evaluar la extracción asistida por ultrasonido de mucilago de nopal para su uso como floculante natural en agua de río Moquegua 2021 y los objetivos específicos son: Determinar el óptimo en temperatura y Ph en la extracción asistida por ultrasonido de mucilago de nopal para usar como floculante en agua de río, Identificar las características del mucilago de nopal obtenido en la extracción asistida por ultrasonido para usar como floculante en agua de río y Determinar la concentración optima del mucilago de nopal como floculante en el tratamiento de agua de río.

La justificación teórica, incrementar los conceptos y teorías acerca del mucilago de cactáceas, así como su uso como floculante en el tratamiento de aguas, que servirá

de base para investigadores en el tema; La Justificación técnica. Con este trabajo se logrará describir la metodología de extracción asistida por ultrasonido EAU como alternativa para mejorar los rendimientos y la calidad del mucilago como floculante natural; Justificación social. Con esta metodología que es sencilla y de fácil uso se puede obtener un floculante natural que permita el tratamiento directo del agua de rio para su consumo; Justificación económica. La Opuntia es una planta rustica que crece en varios lugares de Moquegua, y al no ser costosa se puede darle valor agregado ya que este método no utilizara el fruto sino los cladodios. Así como el método es económico, es de fácil utilidad; Justificación ambiental. El proceso de tratamiento al ser un polímero natural este es biodegradable y no traería consigo mayores daños al ambiente

## **II. MARCO TEÓRICO**

Pinto (2017) utilizó distintas concentraciones: 0,5 mg/mL, 1 mg/mL, 1.5 mg/mL, 2 mg/mL y 2,5 mg/mL, de mucílago obtenido de *Aloe vera* y *Opuntia ficus-indica*, estas concentraciones se usaron para tratar agua turbia en las que se midieron parámetros tales como conductividad, pH, turbidez entre otros. El mucílago de *Opuntia ficus-indica* presentó mejores resultados comparados al de *Aloe vera*, en el caso de la turbidez las concentraciones < de 2 mg/mL no presenta diferencia estadística significativa con valor de ~ 60 NTU.

Guevara, Gutiérrez, Salas, y Rodríguez (2011), aplicó el ultrasonido para extraer mucílago, se utilizó 30 kg de *Opuntia spp.*, la muestra se lavó y desinfectó con hipoclorito de sodio, luego se secó y almacenó a 5°C. En la etapa de extracción de mucílago se cortó de manera homogénea tiras de 0.78 cm x 0.3 mm, las piezas mezclaron con agua destilada en una proporción 1:3 y fueron colocados en un vaso precipitado de 500 mL. Para el análisis estadístico se usó un diseño central compuesto con 13 tratamientos cuyos factores son la potencia de ultrasonido y temperatura, en todos los tratamientos se utilizó un tiempo constante de 25 minutos. El ultrasonido usado fue Branson Sonifier, modelo 450 de sonda. Demostró que el uso de ultrasonido puede ser utilizado como una tecnología emergente para la extracción de mucílago el cual reduce significativamente el tiempo de extracción y el rendimiento.

Bayar et al. (2017) utilizó la extracción asistida por ultrasonido (UAE) de mucílago a partir de cladodios de *Opuntia ficus-indica*. Las variables utilizadas en el estudio fueron optimizadas aplicando la metodología de superficie de respuesta MSR con un diseño central compuesto. El nivel óptimo de los parámetros fueron: tiempo de sonicación 70 minutos, temperatura 70 °C, pH 5.5 y la proporción muestra: agua: de 1:30, obteniéndose una extracción de  $18.14 \pm 1.41\%$ .

Fabre, Lacroux, Valentin, y Mouloungui (2015), evaluó tres métodos de la extracción (solvente, microondas y ultrasonido) de mucílago a partir de la linaza entera, se utilizó una concentración del 5% (w/v) con temperatura de 50 °C, bajo estas condiciones fueron sometidos a los tres métodos. Demostró que el microondas presenta menor eficiencia comparado al ultrasonido cuyo coeficiente de transferencia de masa más alto además que el 7% correspondiente al mucílago de la linaza fue



extraído después 30 minutos de tratamiento.

Castañeda-Cachay, Zavaleta-Gutiérrez y Siche (2019), extrajeron mucílago de *Linum usitatissimum*. Los factores evaluados fueron temperatura, tiempo de extracción, pH y relación semilla: agua. Para el caso de la extracción asistida por ultrasonido los niveles optimos fueron: de temperatura entre 85 a 90 °C, tiempo entre 4,5 a 5,0 h; a 7,0 pH y relación semilla:agua de 1:20, obteniéndose un rendimiento de 9,73%.

García-Nauto (2017), utilizo los cladodios de tuna (*Opuntia ficus-indica*), aplicándoles un Diseño central compuesto (DCC), con 11 tratamientos y se optimizo utilizándola metodología de superficie de respuesta MSR. Donde los factores fueron para la fase de extracción acuosa: temperatura de extracción y relación cladodio/agua) y en el secado la temperatura del aire y los °Brix y la variable dependiente fue el rendimiento de la extracción de mucilago. Obtuvo que los niveles óptimos de las variables fueron: relación cladodio: agua de 1:6,8 y una temperatura de 89,7 °C, con lo que el rendimiento óptimo fue de 1 %.

Chambi y Puraca (2017), extrajo mucilago de semilla de chía (*Salvia hispánica* L.) de la variedad color negro, los parámetros y niveles adecuados para la extracción fueron de pH 8, temperatura de  $80 \pm 1.5^{\circ}\text{C}$  y relación semilla: agua 1:10, con un tiempo de 1 hora de agitación mecánica obtuvo un rendimiento de 8%.

Morales-Tovar, Ramos-Ramírez y Salazar-Montoya (2020), propone la hidratación de semillas de chan (*Hyptis suaveolens* L. var Poit) para extraer mucilago utilizando agitación mecánica (MA) y extracción asistida por ultrasonidos (UAE). Los resultados de las extracciones sólido:líquido se ajustaron a un modelo polinomial de segundo orden para la optimización, siendo las condiciones óptimas de extracción del mucílago utilizando MA y UAE incluidas las relaciones sólido:líquido entre 1:40 a 1:34,5, tiempo de agitación combinada entre 14,1 a 30 min y temperatura entre 50 a 34,2 °C, respectivamente.

Wang, Lu y Kuo (2022), evaluaron la extracción de mucilago de las semillas de chía, utilizando una relación semilla: agua de 1: 30, con un pH de 9, las variables independientes ueron temperatura 50 C a 80 C, y tiempo de 30 y 60 min. La

extracción por calor/ultrasonido dio un mayor rendimiento de mucílago (6.92–10.52%) en comparación con la extracción de calor (1.03–1.86%).

Adjeroud-Abdellatif et al. (2020), utilizaron cladodio de *Opuntia ficus-indica* para la extracción de mucilago mediante extracción convencional (CE) y extracción asistida por ultrasonido (EAU). Los resultados mostraron que los EAU mejoraron el rendimiento de extracción de mucílago. A los 10 min de la extracción tiempo, el rendimiento de extracción alcanzó  $60.77 \pm 1.07\%$  al 60% de la sonicación de amplitud, mientras que CE permite sólo  $36,71 \pm 1,07\%$  después 60 min a 80 °C.

Samame (2019), utilizo mucilago de *Opuntia ficus-indica* en una prueba de jarras para simular la coagulación-floculación, en el tratamiento de agua obtenida del río La Leche, los tratamientos consistieron en la aplicación de cuatro dosis diferentes de coagulante 0, 25, 50, 75, 100 ml/l, luego se procedió a realizar el análisis de los parámetros: pH, conductividad eléctrica, turbidez, entre otros, al ser comparados con los niveles recomendados de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua Potable en el Perú (DS N° 004-2017-MINAM), todas se encuentran dentro de del nivel. La solución de mucilago con mejores resultados fue de 100 ml/l.

Las teorías del presente trabajo son; La *Opuntia spp.*, conocido también como nopal, pertenece a las Cactáceas, estas se desarrollan y propagan tanto en zonas áridas y semiáridas. Su metabolismo se basa en el ácido crusaláceo (MAC) por lo que las estomas retienen CO<sub>2</sub> por la noche que luego se sintetizara en carbohidratos, ello logra que la planta pueda perder agua en menor cantidad durante días calurosos (Torres, Morales, Ballinas, y Nevárez, 2015).

Las hojas de nopal presentan una forma de raquetas, se las conoce como cladodios, son suculentas, en algunas regiones de Centroamérica y Latinoamérica son utilizados para la alimentación tanto de los seres humanos como de ganado. Sus dimensiones son entre 60 a 70 cm de la longitud con un grosor entre 2 a 3 cm, tanto el grosos, el tejido fibroso, contenido de agua y nutrientes depende directamente de la edad de la planta. En la epidermis se encuentran dos capas, en la parte exterior priman las de células verdes (clorenquima) y la interior formada por células blancas (parénquima), en estas se encuentra de manera abundante el mucilago, siendo su función principal incrementar la capacidad de retención de agua

y almacenaje del mismo. (Sepúlveda et al., 2007). Dentro de la célula vegetal, existen estudios que han demostrado que el mucilago solo se encuentra en el Aparato de Golgi, además que la síntesis del mucilago probablemente ocurre en el Aparato de Golgi y en las vesículas (Trachtenberg y Mayer, 1981). El mucilago al disolverse en solución acuosa forman coloides y suspensiones viscosas (Trachtenberg y Mayer, 1980). El mucilago no es el único polisacárido presente en la plantas, también se encuentran pectinas en plantas superiores, carragenatos y la agarosa en algas que vienen siendo estudiados debo a sus propiedades que presentan, y se conoce poco tanto de su bioquímica como de sus propiedades propiedades biofísicas. En el caso del mucilago heteropolisacáridos, con un ácido urónico variable (Trachtenberg y Mayer, 1981). El mucilago es un compuesto polimérico complejo, formado por enlaces de hidratos de carbono, presentan porcentajes de composición variados de L-arabinosa, D-galactosa, L-rhamnosa, D-xilosa y ácido galacturónico. La estructura del mucilago es propuesta como dos fracciones solubles en agua. Uno con propiedades que retienen iones metálicos, y otro que forma el coagulo (Sepúlveda et al., 2007). El ficus de la Opuntia indica la fracción de polisacárido soluble en agua con propiedades que se coagulan, que representa proporciones menores del 10% del material soluble en agua. (Majdoub et al., 2001).

En particular, el mucilago de nopal es formado de arabinosa, galactosa, rhamnosa, xilosa y ácido galacturónico (Trachtenberg y Mayer, 1981). También existen otros minerales presentes, como  $\text{Ca}^{2+}$  y el  $\text{K}^+$ , y fibra alimenticia de gran interés en cuanto a la nutrición humana (Sepúlveda et al., 2007).

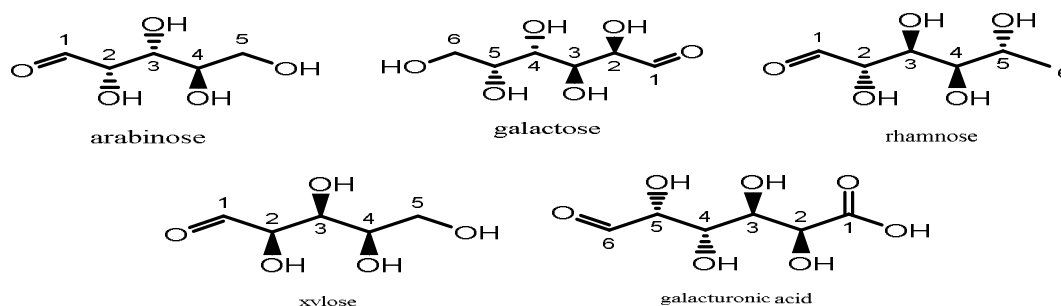


Figura 1. Estructuras de los polímeros presentes en el mucilago.

Fuente: ChemDraw 18.1(2020)

La composición del cladodio de nopal depende mucho de la edad de la planta según lo demuestra Guzmán y Chávez (2007), estos resultados se muestran en la tabla 2.

**Tabla 1**

*Composición química de cladiolos de nopal amarillo*

	<b>1 mes de edad</b>	<b>1 año de edad</b>
Humedad %	92,57	94,33
Proteína %	0,94	0,48
Ceniza %	0,008	1,60
Carbohidratos %	5,96	2,43
Fibra %	0,30	1,06
Ca %	0,042	0,339
K %	0,00098	0,145

Fuente: Guzmán y Chávez (2007)

La composición del mucilago depende mucho de su método de extracción, según Sepúlveda et al. (2007), que utilizó diferentes solventes como etanol e isopropanol obtuvo la siguiente composición según se muestra en la tabla 3.

**Tabla 2**

*Composición química del mucilago de Opuntia (g/100 g muestra)*

	<b>Etanol</b>	<b>Isopropanol</b>
Humedad	4,9±0,6	5,5±1,1
Proteína	7,9±1,5	6,1±0,7
Ceniza	36,2±2,3	39,1±2,4
Nitrógeno	1,3±0,2	1,0±0,1
Ca	10,9±0,7	12,7±1,6
K	1,6±0,2	2,0±0,3

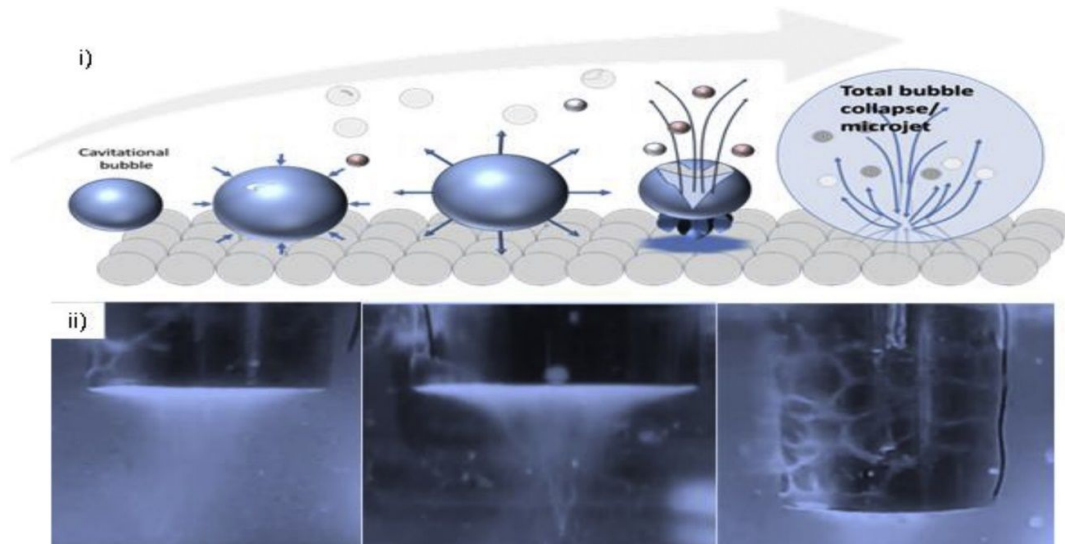
Fuente: Sepúlveda et al. (2007)

El ultrasonido se ha utilizado en diferentes operaciones en ingeniería de procesos, como tratamiento de aguas residuales, secado, soniquímica y extracción. En los sectores de alimentación y farmacéutica, el ultrasonido viene siendo empleado para extraer compuestos bioactivos, aceites esenciales, alcaloides, polisacáridos, ésteres, esteroides y otros (Meireles, 2008).

La extracción asistida por ultrasonido (EAU) ha sido ampliamente estudiada en muchos campos para reducir el tiempo de procesamiento, la temperatura y el consumo de solventes. Las ondas ultrasónicas causan una serie de compresiones y expansiones alternas cerca de la superficie de la matriz sólida, este fenómeno se

conoce como efecto esponja. Porque ocurre de manera similar a una esponja cuando se aprieta y suelta en varias ocasiones. El efecto esponja da como resultado la creación de canales de tejido microscópicos, estos microcanales facilitan la penetración de la disolvente en la matriz sólida y crean una vía preferencial que facilita la salida de los compuestos solubilizados de la matriz sólida al solvente (Bermúdez-Aguirre, 2017)

Las ondas ultrasónicas aplicadas para mejorar la eficacia de la extracción son principalmente en un rango de 20 a 1000 kHz, la propagación de estas ondas provoca una presión negativa en el solvente y cuando una presión de onda sonora de intensidades superiores se propaga a través de un disolvente, la formación de se producen huecos o burbujas microscópicamente pequeños. Cuando estos vacíos o burbujas están llenas de gas o vapor de agua, el crecimiento y la contracción de las burbujas se produce hasta que colapsan dando lugar a la cavitación (Ojha et al., 2020),

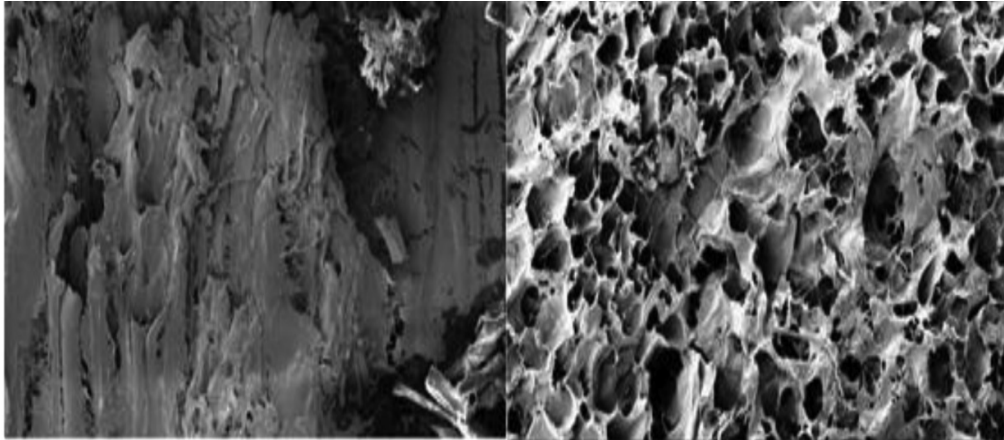


*Figura 2. (i) Burbuja de cavitación, (ii) formación de burbujas y colapso por cavitación en cercanías cercanas de sonda ultrasónica.*

Fuente: Ojha et al., (2020).

Las burbujas pueden pulsar en sintonía con este campo, un fenómeno conocido como cavitación estable, sin embargo, si el campo acústico es más intenso, a menudo colapsará en una implosión dramática después de solo una o dos

pulsaciones o ciclos. También puede producirse la fragmentación en varias burbujas hijas, esta se conoce como cavitación transitoria. La fuerza de la implosión es grande y genera un aumento de presión y temperatura localizadas de hasta 5000K y presiones de hasta 2000atm en las inmediaciones de la burbuja (Bermúdez-Aguirre, 2017)



*Figura 3. Imagen obtenida por microscopio electrónico de barrido de una matriz antes y después del tratamiento con ultrasonido*

Fuente: Ojha et al., (2020).

Los tipos de equipos de ultrasonido utilizados en la actualidad son:

- El baño ultrasónico, que opera en el rango de 20 a 400 kHz, y generalmente se vende como un limpiador ultrasónico, el equipo consta de un tanque (generalmente construido en acero inoxidable) y transductores en el fondo o en los costados del tanque que generan ondas ultrasónicas. La densidad de potencia obtenida en los equipos de baño suele ser baja ( $<100 \text{ W / L}$ ). Por lo tanto, el equipo también se llama baño ultrasónico de baja potencia. En este equipo, la interrupción celular suele ser moderada, pero en muchos casos es suficiente para aumentar la transferencia de masa en un proceso de extracción (Bermúdez-Aguirre, 2017). En un baño de ultrasonido, cavitación se produce sin control distribución a través del tanque, el efecto de sonicación es de baja intensidad y de manera desigual, la repetibilidad y la escalabilidad del proceso es muy pobre (Hielscher.com, n.d.).

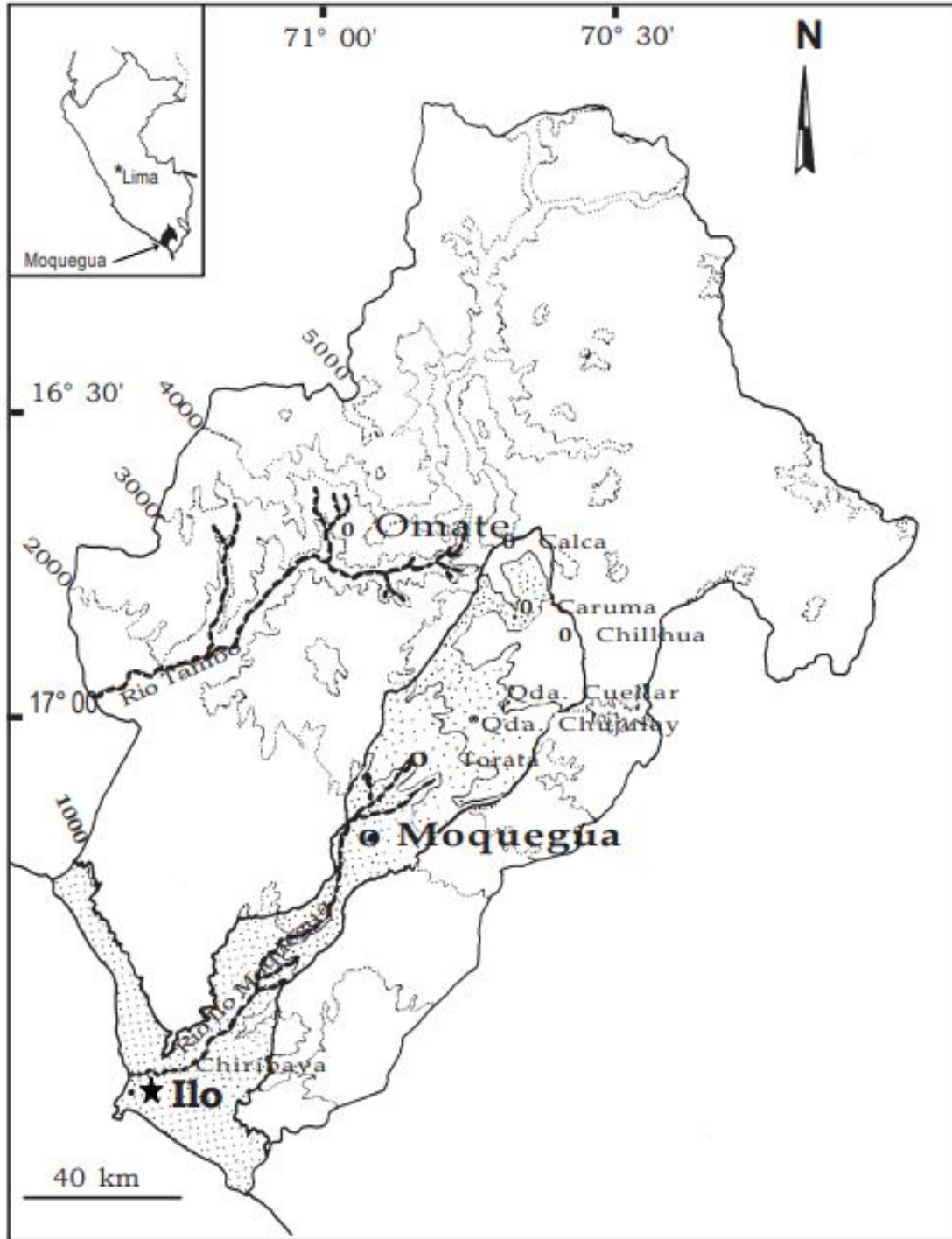
- Ultrasonido de sonda, comprende una punta de titanio conectada a un generador de ultrasonido, este tipo de equipo genera mayores densidades de potencia y es llamado ultrasonido de alta potencia o un disruptor celular ( $> 100$  W / L). El ultrasonido también puede causar la reducción en el tamaño de una matriz sólida, contribuyendo a un aumento en la superficie de contacto entre el sólido y el solvente (Bermúdez-Aguirre, 2017). Estos equipos presentan una intensidad localizada en comparación con el de baño ultrasónico, por lo genera una mayor intensidad y mejora la eficiencia del proceso de sonicación, la zona de sonicación es más intensa debajo de la sonda, la distancia de la sonicación se limita a un área determinada de la punta de la sonda, los procesos ultrasónicos en vasos abiertos se utilizan sobre todo para las pruebas de viabilidad y para la preparación de muestras de volúmenes pequeños. Al controlar el parámetro más importante del proceso de sonicación, el proceso es completamente repetible y los resultados obtenidos se puede escalar de forma industrial (Hielscher.com, n.d.).



Figura 4. Ultrasonidos: (a) Baño ultrasónico\*, (b) Ultrasonido de sonda\*\*

Fuente: \*Branson.com, (n.d.), \*\*H.W.Kessel.com (n.d.)

El río Osmore conocido también como río Moquegua, se ubica en el extremo sur occidental, en la región de Moquegua y abarca tanto las provincias de Mariscal Nieto como de Ilo con un recorrido de 159 km (Arakaki y Cano 2003; Ng, Peña y Acosta 2018),



**Figura 5. Cuenca del río Osmore**

Fuente: Arakaki y Cano (2003)

De los parámetros utilizados para medir la calidad del agua de acuerdo Decreto Supremo N°004-2017-MINAM, diferentes institución realizan actividades de



monitoreo como el la Autoridad Local de Agua – Moquegua (ALA-Moquegua 2018), Dirección Regional de Salud Ambiental Moquegua, y además trabajos de investigación, siendo la turbidez uno de los parámetros a ser tratado mediante el uso de floculantes.

**Tabla 3**

Niveles de los parámetros del rio Moquegua en periodos de estiaje y de avenida

LUGAR	Tumilaca-Azana	Montalvo-Moquegua	Osmore Alto	Osmore Bajo
<b>Sur</b>	17° 7' 42.19"	17° 12' 39.18"	17° 33' 32.65"	17° 37' 18.14"
<b>Oeste</b>	70° 50' 11.23"	70° 58' 17.06"	71° 11' 52.52"	71° 16' 12.39"
<b>Caudal (L/s)</b>	683 - 1 067	344 - 347.3	258.2 - 355.5	75.28 - 181.4
<b>DATOS DE ESTIAJE</b>				
<b>Temperatura</b>	24,00	25,40	28,30	29,90
<b>pH</b>	8,25	8,53	8,54	8,38
<b>Conductividad (uS/cm)</b>	387,5	780	1541	1965
<b>Turbidez (ntu)</b>	10,90	135,00	2,24	1,59
<b>DATOS DE AVENIDA</b>				
<b>Temperatura</b>	16,80	24,60	25,70	33,30
<b>pH</b>	7,71	8,25	8,56	8,27
<b>Conductividad (uS/cm)</b>	206	1071	2452	2633
<b>Turbidez (ntu)</b>	51,20	410,00	>1000	>1000

Fuente: Sanchez (2019)

Una de las tecnologías de tratamiento de aguas, es la floculación, basada en la separación sólida y líquida de la suspensión coloidal, presenta diferentes ventajas, costo bajo de inversión, eficacia de tratamiento y operación simple (Dao et al., 2016). La Floculación puede tratar con eficacia con diversos tipos de la contaminación del agua, como turbiedad, tintes, iones de metal pesado, otro vertimientos de actividades agrícola / industrial, por lo que es denominado un método de tratamiento de aguas muy económico y eficaz (Jiang et al., 2021).

El tratamiento de floculación consiste en agregar al agua una sustancia coloidal, la que posteriormente agrupar sustancias suspendidas de difícil precipitación, que agrupan y/o aglutinan a fin de formar en un coagulo que luego precipitara, para ello es necesario utilizar un agente floculante (Salehizadeh et al., 2018). Los agentes floculantes pueden ser productos químicos o de origen natural, además pueden ser

clasificados según su carácter iónico: no iónico, catiónico, aniónico y anfótero (Lee et al., 2014). Estudios recientes han demostrado que la remoción de turbidez con floculantes naturales en el agua puede ser de hasta ~ 90% para la moringa y en el caso de cactáceas un ~ 80%.

### **III. METODOLOGÍA**

### 3.1. Tipo y diseño de investigación

#### 3.1.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación es aplicada. Porque podrá ser utilizado como una forma de extracción de mucilago y su uso como agente floculante. Según Álvarez (2020, p. 4) describe que, una investigación se denomina aplicada cuando el conocimiento obtenido permita solucionar problemas cotidianos de manera práctica.

La naturaleza de la investigación por el uso de los datos manejados es cuantitativa debido a que se utilizaran y analizaran valores numéricos (Rojas Cairampoma, 2015, p. 4).

#### 3.1.2. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es experimental, puesto que los datos se obtendrán por observación directa según los tratamientos que serán acondicionados por el investigador, manipulándose la variable independiente y esperando la respuesta de la variable dependiente (Álvarez, 2020, p.4), obteniendo mucilago como agente floculante a partir de su extracción asistida por ultrasonido y su aplicación en el tratamiento de agua.

### 3.2. Variables y operacionalización

Las variables utilizadas en el trabajo de investigación se muestran en la Tabla 4.

**Tabla 4**

Variables de estudio para etapas I y II

<b>Variable</b>	<b>Etapas I</b>	<b>Etapas II</b>
Independiente	Extracción asistida por ultrasonido de mucilago de nopal (Temperatura y pH)	Contenido de mucilago % Humedad % Ceniza % Densidad g/ml Granulometría
	Para su uso como floculante en agua de río (Velocidad de agitación y concentración)	Turbidez NTU pH Conductividad eléctrica $\mu\text{S/cm}$

### **3.3. Población, muestra y muestreo**

#### **3.3.1. Población**

Las poblaciones son todos los cladios de opuntia y/o tunas que se obtengan en el distrito de Moquegua.

La otra población corresponde a las aguas que discurren del río Moquegua

#### **3.3.2. Muestra**

La muestra corresponde a 50 Kg de cladodio de opuntia a fin de obtener 0.5 kg de deshidratada de las cuales se utilizará 5 g por muestra.

La segunda muestra corresponde a 27 litros de agua, que fue usado en el tratamiento con 135 g de floculante de mucilago de nopal

#### **3.3.3. Muestreo**

Para la primera muestra se obtuvo 50 kilos de cladodios los que fueron homogeneizados para luego obtener 30 kilos.

Para la segunda muestra de las aguas, se realizó de acuerdo al protocolo del ANA, que consistió en tomar muestras al centro del río, se tomaron de la superficie media y casi profunda agua, en un total de 27 litros, una vez homogeneizado se obtuvo los 9 litros de muestra para los diferentes tratamientos.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

La técnica realizada en el presente trabajo fue la observación directa: Se utilizará para los dos casos, la observación de acuerdo al experimento realizado, en la que se tomarán las dos recolecciones de los datos.

Los instrumentos de recolección de datos son dos: Instrumento N° 01: extracción asistida por ultrasonido de mucilago y el instrumento N° 02: tratamiento de agua de río - análisis de parámetros físico químicos antes y después del uso del floculante características del agua de río, se encuentran en el anexo 4 y 5.

### 3.5. Procedimiento

#### 3.5.1. Ubicación del trabajo experimental

El lugar en la que se realizó la presente investigación fue:

- Departamento: Moquegua
- Provincia: Mariscal Nieto
- Distrito: Moquegua
- Localidad: Fundo Alfarfar Grande
- Centro experimental: Laboratorio de Biotecnología de la escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial – Universidad Nacional de Moquegua (UNAM)

Para la etapa I.

**Recolección de los cladodios.** Los cladodios de tuna se obtuvieron en el fundo Alfarfar Grade ubicado en el Centro Poblado, distrito de Moquegua, provincia de Mariscal Nieto del departamento de Moquegua, estas se extrajeron entre plantas cercanas, dejando cladodios para la recuperación de la planta, se transportaron en jabas de plástico envueltas en papel kraft a fin de evitar daños, hacia el Laboratorio de Biotecnología de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de Moquegua, donde se procedió a limpiarlas, retirando las espinas que se encontraban en el cladodio. Se procedió a lavar en una solución de hipoclorito de sodio 5 ppm, luego fueron peladas, la pulpa obtenida fue troceada y colocada en estufa Memmert modelo UN30 a 60 °C durante 72 horas, los trozos secos se trituraron en un molinillo Bosch modelo: TSM6A013B hasta obtener polvo fino que se embolsaron en bolsas de cierre hermético y conservaron a temperatura ambiente.

**Proceso de obtención del mucilago.** Para la extracción se utilizó la metodología propuesta por Bayar et al. (2017) y Castañeda-Cachay et al. (2019), los polvos finos de los cladodios secos se mezclaron con agua en una relación 1:30, utilizando 5 g de polvo fino y 150 mL de agua colocados en un vaso de precipitado, esta solución

fue sometida a ultrasonido de 20 KHz JP Selecta modelo CY-500 de sonda a una eficiencia de 70 % de potencia, y se acoplo a un termo agitador magnético Thermo Scientific modelo Cimarec SP88854100 a temperatura de 40, 60 y 80 °C, se acondiciono el pH a 5, 7 y 9 utilizando ácido cítrico Merck e hidróxido de sodio JTBaker medido en un multiparametrico Thermo Scientific modelo Orion Versa Star. El tiempo de extracción fue de 30 min, luego se utilizó una centrifuga Centurion Scientific modelo K241R a 4000 rpm durante 15 minutos. Se retiro el sobrenadante y el extracto se mezcló con etanol Alkofarma 96 GL, en una relación de 1 a 1 para precipitar el mucilago durante 4 horas, el precipitado se secó en estufa Memmert modelo UN30 a 50 °C, y se procedió a pesar el mucilago extraído se utilizó una balanza analítica Sartorius modelo Entris 224I-1S. Para la determinación de humedad se utilizó el método propuesto por la AOAC 930.15, se pesaron 5 g de mucilago colocándola en una luna de reloj, se llevó a estufa a 105 °C por 24 horas y se pesó, para calcular el porcentaje se utilizó la diferencia de peso inicial menos el peso final sobre el peso inicial y se expresó de forma porcentual. Para la determinación de ceniza se utilizó el método propuesto por la AOAC 945.38, se utilizó como base el material deshidratado anteriormente y se colocó en un crisol el cual se llevó a una mufla Thermo Scientific modelo FB1310M a 550 °C por 3 horas y se pesó, para calcular el porcentaje se utilizó la diferencia de peso inicial menos el peso final sobre el peso inicial y se expresó de forma porcentual. La determinación de la densidad se utilizó la metodología propuesta por en la que se midió 1 g y se colocó en una probeta de 10 ml, se acento el mucilago mediante golpes de la probeta en una base blanda de caucho y se calculó la relación del peso con el volumen ocupado.

Los tratamientos utilizados en la etapa I fueron:

- T1: Temperatura 40 x pH 5
- T2: Temperatura 40 x pH 7
- T3: Temperatura 40 x pH 9
- T4: Temperatura 60 x pH 5

- T5: Temperatura 60 x pH 7
- T6: Temperatura 60 x pH 9
- T7: Temperatura 80 x pH 5
- T8: Temperatura 80 x pH 7
- T9: Temperatura 80 x pH 9

La tabla 6 muestra la hoja de registro que se utilizo para obtener los resultados

**Tabla 5.**  
*Hoja de registro para la etapa I extracción asistida por ultrasonido de mucilago*

Tratamiento	Temperatura	pH	Densidad			Contenido de mucilago			Humedad			Ceniza		
			R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
1	40	5												
2	40	7												
3	40	9												
4	60	5												
5	60	7												
6	60	9												
7	80	5												
8	80	7												
9	80	9												

Para la etapa II.

El agua para el tratamiento fue obtenida del rio Osmore (latitud 17°11'11.07"S y longitud 70°56'18.45"O como referencia a metros de centro comercial Plaza Vea), siguiendo el protocolo de monitoreo de agua superficiales (MINAGRI, 2016), el agua obtenida fue transportada en botellas de 1 L al Laboratorio de Biotecnología de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de Moquegua.

Para el tratamiento primario de agua se utilizó la metodología propuesta por Tarón-Dunoyer et al. (2017), que consistió en utilizar vasos de precitados a los cuales se vertió 1 L de agua obtenida del rio Osmore. Se adiciono el mucilago el cual fue



medido en balanza analítica Sartorius modelo Entris 224I-1S 0, 5 y 10 g. Para la prueba del test de jarras se utilizó un floculador Lavibond modelo ET 740, programándose la velocidad de agitación de 50, 100 y 150 rpm con un tiempo de agitación 30 min, luego de cada tratamiento se dejó reposar durante 30 min, y se determinó los parámetros fisicoquímicos. Para la turbidez se analizó por el método nefelométrico de acuerdo a la norma NMX-AA-038-SCFI-2001 en la que 10 ml de la muestra fue colocado en la porta muestra de turbidímetro LAMOTTE modelo 2020WE. La conductividad eléctrica se analizó por el método potenciométrico según la norma NMX-AA-093-SCFI-2000 utilizando un multiparametrico Thermo Scientific modelo Orion Versa Star, introduciendo el electrodo en el vaso de precipitado. El pH se analizó con el método potenciométrico, de acuerdo a la norma NMX-AA-008-SCFI-2000, utilizando el multiparametrico Thermo Scientific modelo Orion Versa Star introduciendo el electrodo en un vaso de precipitado.

Los tratamientos utilizados en la etapa II fueron:

- T1: Concentración 0 g/L x velocidad de agitación 50 rpm.
- T2: Concentración 0 g/L x velocidad de agitación 100 rpm.
- T3: Concentración 0 g/L x velocidad de agitación 150 rpm.
- T4: Concentración 5 g/L x velocidad de agitación 50 rpm.
- T5: Concentración 5 g/L x velocidad de agitación 100 rpm.
- T6: Concentración 5 g/L x velocidad de agitación 150 rpm.
- T7: Concentración 10 g/L x velocidad de agitación 50 rpm.
- T8: Concentración 10 g/L x velocidad de agitación 100 rpm.
- T9: Concentración 10 g/L x velocidad de agitación 150 rpm.

La tabla 6 muestra la hoja de registro que se utilizó para obtener los resultados

**Tabla 6.**  
*Hoja de registro para la etapa II tratamiento de agua*

Tratamiento	Concentración	Velocidad de agitación	Turbidez			Conductividad eléctrica			pH		
			R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
1	0	50									
2	0	100									
3	0	150									
4	10	50									
5	10	100									
6	10	150									
7	20	50									
8	20	100									
9	20	150									

### 3.6. Método de análisis de datos

El trabajo de investigación para el primer experimento se planteó bajo el diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial, consistió en 9 tratamientos y 3 repeticiones para cada uno, siendo 27 unidades experimentales; cuyo modelo estadístico es el siguiente.

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde:  $Y_{ij}$ : es la valor u observación de las características químicas en la i-esima especie de tuna y j-esima repetición, considerando que  $\alpha$  y  $\beta$  son los factores de estudio, y  $\alpha\beta$  son las interacciones de los factores, cuyo análisis de varianza correspondiente a un arreglo factorial completo se muestra en la Tabla 4 y Tabla 5.

Para el tratamiento de agua se trabajó con el diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial, con 3 tratamientos de 3 repeticiones y un litro de agua como unidad experimental.

Se determinará para ambos experimentos el análisis de varianza (ANOVA) utilizando el programa INFOSTAT (software libre), y para los tratamientos que resultaran significativos se utilizara la prueba de contraste de LSD Fisher para obtener los niveles óptimos de los factores. Para la construcción de tablas y figuras se utilizó el programa Excel.

### **3.7. Aspectos éticos**

El presente trabajo de investigación propone utilizar mejorar la extracción asistida por ultrasonido tanto para la temperatura como pH adecuado, y así poder incrementar la extracción de mucilago de nopal, además que este mucilago obtenido se utilizara para el tratamiento de agua cruda utilizándolo como floculante, esto no representan riesgo a la salud debido a que las concentraciones se encuentran por debajo de lo recomendados. Además, los resultados obtenidos tendrán la rigurosidad de que los equipos e instrumentos utilizados se encuentren operativos y los insumos no se encuentren vencidos. Una vez concluido el estudio, se recomendará poder utilizarlo en agua obtenidas de forma natural, además que ese estudio deberá de realizarse considerando los diferentes metales presentes en el agua.

Los resultados del trabajo de investigación estarán sujetos a la ética presentada por la Universidad Cesar Vallejo, en la cual los resultados serán veraces sin modificación alguna; se respetará el derecho de autor en cada párrafo se referencio de acuerdo a la búsqueda. La autenticidad del trabajo estará sujeta al programa anti plagio Turniting para ver el nivel de similitud con trabajos publicados. Por otro lado, el uso de compuestos naturales reduce el daño al ambiente debido a que estos compuestos son biodegradables, a diferencia de los compuestos sintéticos, por lo que la técnica propuesta es amigable con el medio ambiente.

#### **IV. RESULTADOS**

De la etapa I, para la obtención del contenido porcentual de mucilago obtenido a partir de 5 g de polvos finos, se muestra los resultados obtenidos en el Anexo 2 y el análisis de varianza en la tabla 7, donde los factores pH y temperatura más sus interacciones, presentan diferencia estadística altamente significativa (p-valor <0,0001), por lo que se realizó la prueba de medias LSD Fisher tanto para los factores como para sus interacciones.

**Tabla 7**

*Análisis de varianza para rendimiento porcentual*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	82.43	8	10.3	9.59	<0.0001
pH	14.02	2	7.01	6.52	0.0074
Temperatura	27.08	2	13.54	12.6	0.0004
pH*Temperatura	41.33	4	10.33	9.61	0.0002
Error	19.35	18	1.07		
Total	101.78	26			

La tabla 8 muestra la prueba de medias LSD Fisher para pH, en la que se observa que a pH de 7 y 5 el contenido de mucilago alcanzo entre 6.22 y 6.16 %, ambos iguales entre si y diferente a pH 9 con 4.66%.

**Tabla 8**

*Prueba de medias LSD Fisher para pH*

<b>pH</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
7	6.22	9	0.35	A
5	6.16	9	0.35	A
9	4.66	9	0.35	B

La tabla 9 muestra la prueba de medias LSD Fisher para temperatura, en la que se observa que a 60 °C el rendimiento de la extracción de mucilago alcanzo un 6.84% siendo el mayor valor y estadísticamente diferente a los demás, el menor contenido se presentó a 80 °C con un contenido de 4.4 % que a su vez es estadísticamente diferente a los demás.

**Tabla 9**

*Prueba de medias LSD Fisher para temperatura*

Temperatura	Medias	n	E.E.	
60	6.84	9	0.35	A
40	5.8	9	0.35	B
80	4.4	9	0.35	C

La tabla 10 muestra la prueba de medias LSD Fisher para la interacción de factores pH \* temperatura, donde el mayor rendimiento porcentual se presentó a un pH de 7 y temperatura de 60 °C correspondiente al tratamiento T5 con un contenido de 9.45 % de mucilago y es estadísticamente diferente a los demás tratamientos, los tratamientos T1, T4 y T2 obtuvieron rendimiento entre 5.89 a 7.31 % estadísticamente iguales entre si, los tratamientos T8, T7 y T6 obtuvieron el menor contenido de mucilago entre 3.14 a 4.78 % estadísticamente iguales entre sí, siendo el T6 el menor de todos, la figura 6 muestra los resultados del contenido de mucilago por cada tratamiento

**Tabla 10**

*Prueba de medias LSD Fisher para pH \* temperatura*

Tratamiento	pH	Temperatura	Medias	n	E.E.	
T5	7	60	9.45	3	0.6	A
T1	5	40	7.31	3	0.6	B
T4	7	40	6.08	3	0.6	BC
T2	5	60	5.89	3	0.6	BC
T3	5	80	5.29	3	0.6	CD
T9	9	60	5.19	3	0.6	CD
T8	9	80	4.78	3	0.6	CDE
T7	9	40	4.03	3	0.6	DE
T6	7	80	3.14	3	0.6	E

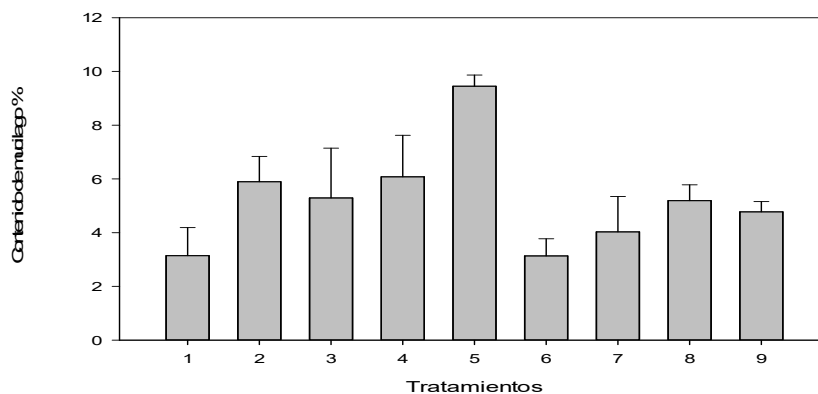


Figura 6. Contenido de mucilago % por cada tratamiento

Para el contenido de humedad de mucilago, se muestra los resultados obtenidos en el Anexo 2 y el análisis de varianza en la tabla 11, donde los factores pH y temperatura más sus interacciones, presentan diferencia estadística altamente significativa ( $p$ -valor  $<0,0001$ ), por lo que se realizó la prueba de medias LSD Fisher tanto para los factores como para sus interacciones.

**Tabla 11**

*Análisis de varianza para la humedad*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	127.4	8	15.93	157.67	<0.0001
pH	34.2	2	17.1	169.28	<0.0001
Temperatura	35.94	2	17.97	177.9	<0.0001
pH*Temperatura	57.27	4	14.32	141.75	<0.0001
Error	1.82	18	0.1		
Total	129.22	26			

La tabla 12 muestra la prueba de medias LSD Fisher para pH, en la que se observa que a pH de 5 el contenido de mucilago alcanzo entre 8.75 %, y es diferentes estadísticamente a los demás, a pH 9 se presenta la menor humedad con 6.03% y es diferente estadísticamente a los demás.

**Tabla 12**

*Prueba de medias LSD Fisher para pH*

<b>pH</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
5	8.75	9	0.11	A
7	6.98	9	0.11	B
9	6.03	9	0.11	C

La tabla 13 muestra la prueba de medias LSD Fisher para temperatura, en la que se observa que a 40 °C la humedad de mucilago alcanzo un 8.88% siendo el mayor valor y estadísticamente diferente a los demás, a 80 y 60 °C el contenido de humedad se encuentra entre 6.51 a 6.36 % estadísticamente iguales entre si pero diferente a los demás.

**Tabla 13**

*Prueba de medias LSD Fisher para temperatura*

Temperatura	Medias	n	E.E.	
40	8.88	9	0.11	A
80	6.51	9	0.11	B
60	6.36	9	0.11	B

La tabla 14 muestra la prueba de medias LSD Fisher para la interacción de factores pH \* temperatura, donde el mayor contenido de humedad se presentó a pH 5 y temperatura 40 °C correspondiente al tratamiento T1 con 13.17 % y es estadísticamente diferente a los demás tratamientos, el tratamiento T9 presento el menor contenido de humedad con 5.58 % ya su vez es estadísticamente diferente al resto de tratamientos. La figura 7 muestra el contenido de humedad % por cada tratamiento.

**Tabla 14**

*Prueba de medias LSD Fisher para pH \* temperatura*

Tratamiento	pH	Temperatura	Medias	n	E.E.	
T1	5	40	13.17	3	0.18	A
T6	7	80	7.68	3	0.18	B
T2	5	60	6.79	3	0.18	C
T7	9	40	6.76	3	0.18	C
T4	7	40	6.71	3	0.18	C
T5	7	60	6.55	3	0.18	C
T3	5	80	6.27	3	0.18	CD
T8	9	60	5.75	3	0.18	D
T9	9	80	5.58	3	0.18	E

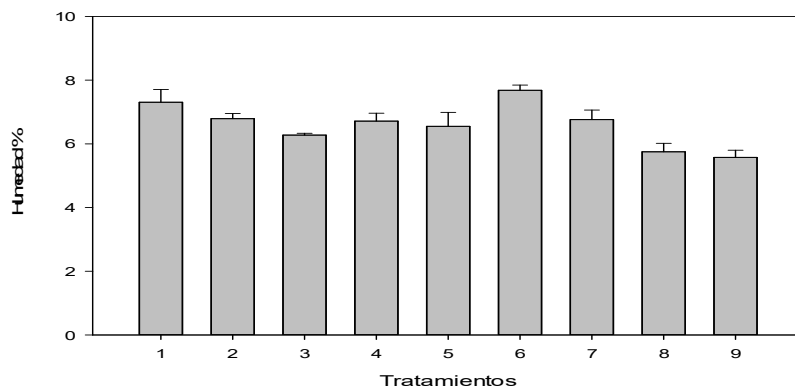


Figura 7. Humedad % por cada tratamiento

Para el contenido de ceniza del mucilago, se muestra los resultados obtenidos en



el Anexo 2 y el análisis de varianza en la tabla 15, donde los factores pH y temperatura más sus interacciones, no presentan diferencia estadística entre si puesto que el valor de probabilidad es mayor a 0.05 por lo que no es necesario realizar la prueba de medias LSD Fisher ni para los factores ni para sus interacciones.

**Tabla 15**

*Análisis de varianza para ceniza*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	1.18	8	0.15	0.74	0.6533
pH	0.3	2	0.15	0.74	0.4898
Temperatura	0.51	2	0.25	1.28	0.303
pH*Temperatura	0.38	4	0.1	0.48	0.7511
Error	3.57	18	0.2		
Total	4.76	26			

La tabla 16 muestra que el contenido de ceniza oscila desde 12.81 a 13.5 %, y aunque los valores son iguales estadísticamente entre si por orden de jerarquía el tratamiento T3 es el mayor y el T2 el menor valor respectivamente. La figura 8 muestra el contenido de ceniza por cada tratamiento

**Tabla 16**

*Prueba de medias LSD Fisher para pH \* temperatura*

<b>Tratamiento</b>	<b>pH</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>
T3	5	80	13.5	3	0.26 A
T6	7	80	13.41	3	0.26 A
T8	9	80	13.36	3	0.26 A
T4	7	40	13.31	3	0.26 A
T9	9	60	13.28	3	0.26 A
T5	7	60	13.25	3	0.26 A
T7	9	40	13.21	3	0.26 A
T1	5	40	12.95	3	0.26 A
T2	5	60	12.81	3	0.26 A

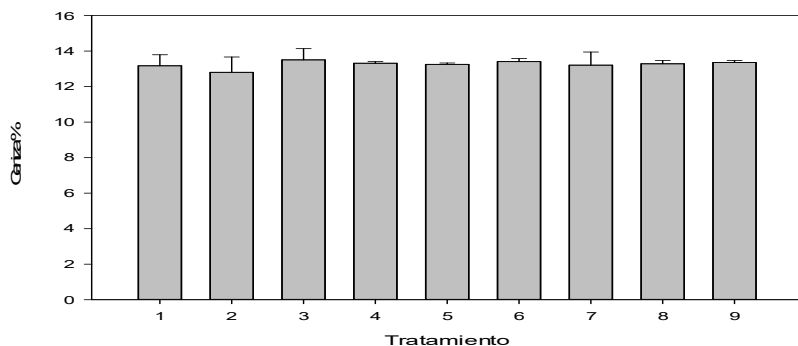


Figura 8. Ceniza% por cada tratamiento

Para la densidad del mucilago, se muestra los resultados obtenidos en el Anexo 2 y el análisis de varianza en la tabla 17, donde los factores pH y temperatura más sus interacciones, no presentan diferencia estadística entre si puesto que el valor de probabilidad es mayor a 0.05 por lo que no es necesario realizar la prueba de medias LSD Fisher ni para los factores ni para sus interacciones.

**Tabla 17**

*Análisis de varianza para densidad*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.30E-03	8	1.60E-04	1.43	0.252
pH	6.00E-04	2	3.00E-04	2.65	0.0981
Temperatura	4.10E-04	2	2.00E-04	1.78	0.1972
pH*Temperatura	2.90E-04	4	7.30E-05	0.64	0.6424
Error	2.10E-03	18	1.10E-04		
Total	3.40E-03	26			

La tabla 18 muestra que la densidad oscila desde 0.96 a 0.98 g/ml, y aunque los valores son iguales estadísticamente entre sí, por orden de jerarquía el tratamiento T5 es el mayor y el T1 el menor valor respectivamente. La figura 9 muestra el contenido de ceniza por cada tratamiento

**Tabla 18**

*Prueba de medias LSD Fisher para pH \* temperatura*

Tratamiento	pH	Temperatura	Medias	n	E.E.
T5	7	60	0.98	3	0.01 A
T9	9	80	0.98	3	0.01 A
T8	9	60	0.98	3	0.01 A

T4	7	40	0.97	3	0.01	A
T2	5	60	0.97	3	0.01	A
T7	9	40	0.97	3	0.01	A
T6	7	80	0.96	3	0.01	A
T3	5	80	0.96	3	0.01	A
T1	5	40	0.96	3	0.01	A

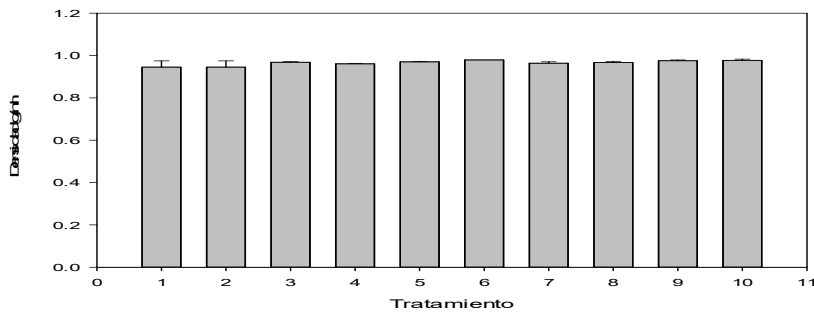


Figura 9. Densidad por cada tratamiento

Para el análisis de granulometría, luego de que el mucilago fue obtenido y posteriormente molido, solo se tomo un dato puesto de que todo el mucilago obtenido se mezclo para ser utilizados en la etapa II. La tabla 19 muestra que en una malla de tamaño 150  $\mu$  el porcentaje es de 30.82 % y en la malla y de <63  $\mu$  el porcentaje es de 25.97%

**Tabla 19**

Granulometría de mucilago

N° Malla	Tamaño de malla	Peso g	Porcentaje
>100	150 $\mu$	1.740	30.82%
140	106 $\mu$	1.114	19.73%
200	75 $\mu$	1.056	18.69%
230	63 $\mu$	0.269	4.77%
<230	<63 $\mu$	1.466	25.97%
		<b>5.647</b>	<b>100%</b>

De la etapa II, con respecto al tratamiento primario del agua obtenida en el rio Osmore, se realizaron diferentes evaluaciones utilizando como factores la velocidad de agitación y la concentración de mucilago tanto a los parámetros de pH, turbidez y conductividad eléctrica.

La tabla 20 muestra el análisis de varianza para turbidez considerando los factores

de concentración de mucilago y velocidad de agitación, los resultados obtenidos se muestran en el apéndice 3, el p-valor <0,01 presenta diferencia estadística altamente significativa. Los factores y la interacción de factores, se observa que existe diferencia altamente significativa, por lo que se realizó la prueba de medias LSD Fisher tanto para los factores como para sus interacciones.

**Tabla 20**

Análisis de varianza para turbidez

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	366886.49	8	45860.81	2200.11	<0.0001
Velocidad de agitación	152.58	2	76.29	3.66	0.0464
Concentración	366446.65	2	183223.32	8789.88	<0.0001
velocidad de agitación*concentración	287.26	4	71.81	3.45	0.0294
Error	375.21	18	20.84		
Total	367261.69	26			

La tabla 21 muestra que, que a una velocidad de agitación de 100 y 150 rpm la turbidez alcanzo valor de 112.11 y 109.28 NTU respectivamente, y a una velocidad de 50 rpm la turbidez fue de 106.29 NTU.

**Tabla 21**

Prueba de medias LSD Fisher de velocidad de agitación para turbidez

<b>Velocidad</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
100	112.11	9	1.52	A
150	109.28	9	1.52	AB
50	106.29	9	1.52	B

La tabla 22 muestra que, que a una concentración de 0 g/l la turbidez fue mayor con 273 NTU y diferente estadísticamente a los demás, el menor valor se obtuvo a concentración de 5 g/l con 23.44 NTU y que es diferente estadísticamente a los demás.

**Tabla 22**

Prueba de medias LSD Fisher de concentración para turbidez

<b>Concentración</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
0	273.93	9	1.52	A

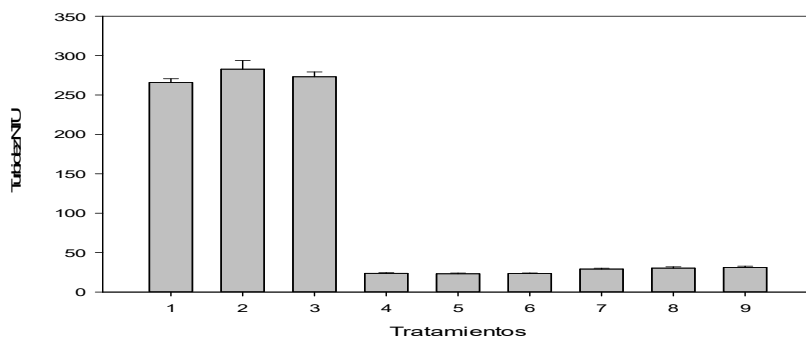
10	30.3	9	1.52	B
5	23.44	9	1.52	C

La tabla 23 muestra la interacción de velocidad \* concentración, para la turbidez, donde se muestra que, los tratamientos T1, T2 y T3 a los que no se agrega mucilago presenta los mayores valores de turbidez entre 265.87 a 282.8 NTU y si bien el T2 es el de mayor valor es diferente estadísticamente al resto de tratamiento, los valores menores iguales entre si corresponde a los tratamientos T4, T5, T6, T7 y T8 con valores de 23.13 a 30.4 NTU, siendo el menor el tratamiento T5

**Tabla 23**

Prueba de medias LSD Fisher de velocidad \* concentración para turbidez

Tratamiento	Concentración	Velocidad	Medias	n	E.E.	
T2	0	100	282.8	3	2.64	A
T3	0	150	273.13	3	2.64	B
T1	0	50	265.87	3	2.64	B
T9	10	150	31.27	3	2.64	C
T8	10	100	30.4	3	2.64	CD
T7	10	50	29.23	3	2.64	CD
T4	5	50	23.77	3	2.64	CD
T6	5	150	23.43	3	2.64	D
T5	5	100	23.13	3	2.64	D



**Figura 10.** Turbidez por cada tratamiento

La tabla 24 muestra el análisis de varianza para pH considerando los factores de concentración de mucilago y velocidad de agitación, los resultados obtenidos se muestran en el apéndice 3, el p-valor <0,01 presenta diferencia estadística altamente significativa solo para el factor concentración, tanto la velocidad de

agitación como la interacción no presenta diferencia estadística significativa.

**Tabla 24**

Análisis de varianza para pH

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	10.98	8	1.37	91.59	<0.0001
Velocidad de agitación	0.05	2	0.02	1.65	0.22
Concentración	10.86	2	5.43	362.31	<0.0001
Velocidad *concentración	0.07	4	0.02	1.2	0.343
Error	0.27	18	0.01		
Total	11.25	26			

La tabla 25 muestra que, que a una concentración de 0 g/l el pH fue de 7.04 siendo el de mayor pH y diferente estadísticamente a los demás, a 5 g/l el pH fue de 6.15 y diferente estadísticamente a los demás, y a 10 g/l el pH fue de 5.49 y diferente estadísticamente a los demás.

**Tabla 25**

Prueba de medias LSD Fisher de concentración para pH

<b>Concentración</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
0	7.04	9	0.04	A
5	6.15	9	0.04	B
10	5.49	9	0.04	C

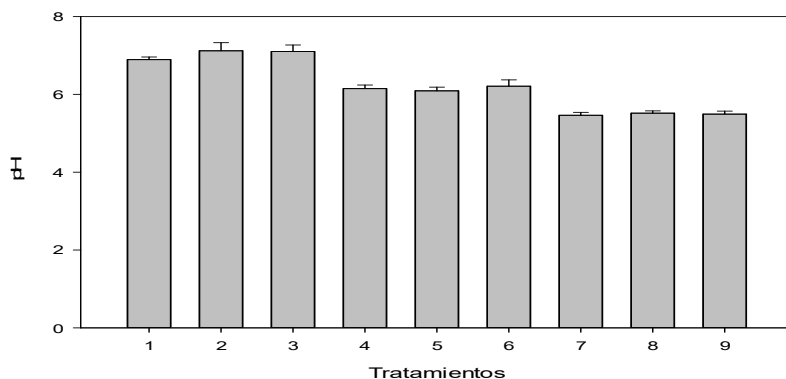
La tabla 26 muestra la interacción de velocidad \* concentración, para la turbidez, donde se muestra que, los tratamientos T1, T2 y T3 a los que no se agrega mucilago presenta los mayores valores de pH entre 6.89 a 7.12 2 y si bien el T2 es el de mayor valor es diferente estadísticamente al resto de tratamientos, los valores menores iguales entre si corresponde a los tratamientos T7, T8, T9, con valores de 5.46 a 5.52, siendo el menor valor el tratamiento T7

**Tabla 26**

Prueba de medias LSD Fisher de velocidad \* concentración para pH

<b>Tratamiento</b>	<b>Concentración</b>	<b>Velocidad</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
T2	0	100	7.12	3	0.07	A
T3	0	150	7.1	3	0.07	AB
T1	0	50	6.89	3	0.07	B
T6	5	150	6.21	3	0.07	C

T4	5	50	6.15	3	0.07	C
T5	5	100	6.09	3	0.07	C
T8	10	100	5.52	3	0.07	D
T9	10	150	5.49	3	0.07	D
T7	10	50	5.46	3	0.07	D



La tabla 27 muestra el análisis de varianza para conductividad eléctrica  $\mu\text{S}/\text{cm}$  considerando los factores de concentración de mucilago y velocidad de agitación, los resultados obtenidos se muestran en el apéndice 3, el p-valor  $<0,01$  presenta diferencia estadística altamente significativa solo para el factor concentración, tanto la velocidad de agitación como la interacción no presenta diferencia estadística significativa.

**Tabla 27**

Análisis de varianza para conductividad eléctrica

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	10.98	8	1.37	91.59	$<0.0001$
Velocidad de agitación	0.05	2	0.02	1.65	0.22
Concentración	10.86	2	5.43	362.31	$<0.0001$
Velocidad de agitación*concentración	0.07	4	0.02	1.2	0.343
Error	0.27	18	0.01		
Total	11.25	26			

La tabla 28 muestra que, que a una concentración de 10 g/l la conductividad eléctrica fue de 1986  $\mu\text{S}/\text{cm}$  siendo el de mayor y diferente estadísticamente a los demás, a 5 g/l la conductividad eléctrica fue de 1185  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y diferente estadísticamente a los demás, y a 5 g/l la conductividad eléctrica fue de 303.44  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

**Tabla 28**

Prueba de medias LSD Fisher de concentración para conductividad eléctrica

Concentración	Medias	n	E.E.	
10	1986	9	7.43	A
5	1185	9	7.43	B
0	303.44	9	7.43	C

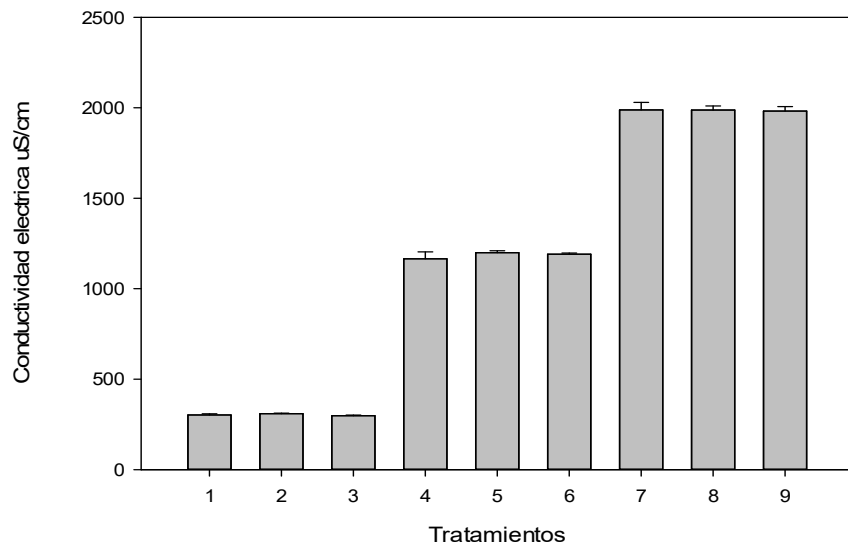
La tabla 29 muestra la interacción de velocidad \* concentración, para la turbidez, donde se muestra que, los tratamientos T1, T2 y T3 a los que no se agrega mucilago presenta los mayores valores de pH entre 6.89 a 7.12 2 y si bien el T2 es el de mayor valor es diferente estadísticamente al resto de tratamientos, los valores menores iguales entre si corresponde a los tratamientos T7, T8, T9, con valores de 5.46 a 5.52, siendo el menor valor el tratamiento T7

**Tabla 29**

Prueba de medias LSD Fisher de velocidad \* concentración para conductividad eléctrica

Tratamiento	Concentración	Velocidad	Medias	n	E.E.	
T7	10	50	1988.33	3	12.87	A
T8	10	100	1987.67	3	12.87	A
T9	10	150	1982	3	12.87	A
T5	5	100	1199	3	12.87	B
T6	5	150	1191	3	12.87	B
T4	5	50	1165	3	12.87	B
T2	0	100	309.33	3	12.87	C
T1	0	50	302.67	3	12.87	C
T3	0	150	298.33	3	12.87	C





## **V. DISCUSIÓN**

Para el rendimiento de mucilago, el mayor porcentaje de extracción se dio a un pH 7 y temperatura de 60°C con 9.45 % (Apéndice 2), dentro de los estudios realizados de extracción de mucilago García-Nauto (2017) obtuvo un contenido de mucilago de 59,6 % realizo la extracción por vía húmeda sin utilizar la extracción asistida por ultrasonido, además seco por atomización a temperatura de 166,4 °C. Hernández-Carranza et al. (2019) utilizo la extracción asistida por ultrasonido y logró obtener un contenido de mucilago de  $41.8 \pm 1.8\%$ , 30% de amplitud de potencia de 30% durante 10 min a una temperatura de 40 °C. Bayar et al. (2017) demostró que a mayor tiempo de sonicación 70 min se incrementa la extracción de mucilago.

En otras matrices la extracción de mucilago presenta buenos resultados como de Castañeda-Cachay et al. (2019) en la que utilizo linaza *Linum usitatissimum* como matriz obteniendo 9,73 % de mucilago donde para la extracción asistida por ultrasonido extracción utilizo temperatura de 85 a 90 °C, tiempo de 4,5 a 5,0 h, pH 7,0 y relación semilla: agua de 1:20. La efectividad de la extracción esta relacionada directamente a la destrucción de la matriz puesto que el mucilago sólo está presente en el Aparato de Golgi, y la síntesis del mucilago ocurre probablemente en ello y en las vesículas. Estos polisacáridos al disolverse en el agua forman coloides y suspensiones muy viscosas (Sepúlveda et al., 2007), por lo que, de acuerdo al método de extracción y los parámetros que se utilizaran, influirán directamente en el rendimiento del mucilago (Castañeda-Cachay et al., 2019).

De tratamiento de agua, los resultados para pH obtenidos (Apéndice 3) el valor mínimo es de 6,78 pH (patrón) y el mayor valor obtenido es de 7,6 pH, los valores recomendados por el reglamento de calidad de agua para consumo del Perú vigente es 6,5 a 8,5 pH (MINSA, 2010), el uso de mucilago como floculante no genera cambios significativos en el pH con respecto a la normatividad, según los estudios, Rachdi et al. (2017) presenta que al tener un pH inicial de 7,54 y utilizando 1 g/L de mucilago el pH se redujo a 6,95 pH. Patale & Pandya (2012) muestra que iniciando a diferentes niveles de turbidez y aplicando mucilago como floculante el pH se ve disminuido, pero en algunos casos el pH es incrementado, según Olivero-Verbel et al. (2013) en la que inicio con un pH de 5,99 y alcanzo un pH de 6,97 pH, Choque-Quispe et al. (2018) inicio con un pH de 6,61 y alcanzo un pH de 7,54. Ello puede ser debido a que en la extracción asistida por ultrasonido algunos compuestos son

destruidos (ácidos orgánicos, hidrocoloides, etc.) ello debido a la cavitación en la que se alcanzan altas temperatura y puede generar destrucción de algunos compuestos.

De tratamiento de agua, los resultados para turbidez obtenidos (Anexo 3) el valor inicial es de 265.87 a 282.8 NTU que corresponde a los tratamientos a los que no se agregó mucilago y el menor valor obtenido es de 23.13 UNT, los valores recomendados por el reglamento de calidad de agua para consumo del Perú vigente es 5 UNT (MINSA, 2010) Olivero-Verbel et al. (2013) en su tratamiento realizado inicio con una turbidez 276 UNT y con una adición de 40 mg/L y 200 rpm alcanzo una turbidez de 19,76 UNT, Patale & Pandya (2012) en su tratamiento realizado inicio con una turbidez 100 UNT y con una adición de 0,4 mg/L a 180 rpm y 5 horas alcanzo una turbidez de 26 UNT, Rachdi et al. (2017) en su tratamiento realizado inicio con una turbidez 296,33 UNT y con una adición de 1 g/L a 100 rpm y 30 min alcanzo una turbidez de 21 UNT. De acuerdo a estos resultados considerando que el mucilago está compuesto de L-arabinosa, D-galactosa, L-ramnosa, D-xilosa y ácido galacturónico (Sepúlveda, Sáenz, Aliaga, y Aceituno, 2007), el contenido de estos puede generar variaciones de los resultados obtenidos, por lo que se deberían buscar parámetros adecuados a fin de poder alcanzar lo recomendado por la normatividad o combinar con floculantes sintéticos. Para pH si bien el agua inicio en un punto neutro sin adición de mucilago, este se redujo a mayor adición por lo que a 10 g/l el pH obtuvo valores entre 5.46 a 5.52, por lo que no se debe utilizar ya que este valor se encuentra por debajo de lo recomendado (entre 6.5 a 8.5 pH). Para conductividad eléctrica obtenidos (Apéndice 3) el valor inicial es de 298.33 a 309.33  $\mu\text{S/cm}$  sin adición de mucilago y el mayor valor obtenido es de 1988.33  $\mu\text{S/cm}$ , con la adición de mucilago de 10 g/l supera el valor recomendado por el reglamento de calidad de agua para consumo del Perú vigente es 1500  $\mu\text{S/cm}$  (MINSA, 2010) el uso de mucilago como floculante no genera cambios significativos en la conductividad eléctrica con respecto a la normatividad, según los estudios. Rachdi et al. (2017) en su tratamiento realizado inicio con una conductividad eléctrica 3562,5  $\mu\text{S/cm}$  y con una adición de 1 g/L a 100 rpm y 30 min alcanzo una conductividad eléctrica de 4000  $\mu\text{S/cm}$ . Silva (2017) en el tratamiento realizado inicio con conductividad eléctrica 579 y con una turbidez inicial de 1000 UNT y 50

ppm de adición de mucilago alcanzo una conductividad eléctrica de 493  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . De acuerdo a estos resultados considerando que el mucilago que está compuesto de L-arabinosa, D-galactosa, L-ramnosa, D-xilosa y ácido galacturónico (Sepúlveda, Sáenz, Aliaga, y Aceituno, 2007), y diferentes minerales como K, Fe, Ca y Na (Guzman, Loayza & Chavez, 2007) el contenido de estos puede generar variaciones de los resultados obtenidos.

## **VI. CONCLUSIONES**

Para el rendimiento de mucilago, donde los factores pH y temperatura más sus interacciones, presentan diferencia estadística altamente significativa ( $p$ -valor  $<0,0001$ ) y el mayor porcentaje de extracción se dio en el tratamiento cuyo factores y niveles fueron pH 7 y temperatura de  $60^{\circ}\text{C}$  con 9.45 % de rendimiento de extracción de mucilago, para contenido de humedad si presenta diferencia estadística significativa con avales entre 5.58 a 13.17%, el contenido de ceniza y densidad no presenta diferencia estadística significativa y se encuentra entre 12.81 a 13.5 % de contenido de humedad y 0.96 a 0.98 g/ml de densidad,

De la turbidez considerando los factores de concentración de mucilago y velocidad de agitación los resultados obtenidos se muestran un  $p$ -valor  $<0,01$  presentando diferencia estadística altamente significativa en todos los factores e interacciones, el menor valor de turbidez se presentó a concentración 5 g/L con velocidad 100 rpm 23.13 NTU y aun no se adecua a lo recomendado por la normatividad. Para pH de los factores utilizados existe diferencia estadística significativa solo para concentración por lo que a mayor cantidad de mucilago el pH disminuye. Para la conductividad eléctrica de los factores utilizados existe diferencia estadística significativa solo para concentración, por lo que a mayor cantidad de mucilago la conductividad eléctrica se incremente. El uso de mucilago no debería ser menor a los 10 g/l ya que a esta concentración tanto para pH como para conductividad eléctrica los valores superan el mínimo recomendado en la normatividad vigente.

## **VII. RECOMENDACIONES**



Realizar mayores trabajos de investigación, utilizando diferentes parámetros de extracción como tamaño de partícula, relación muestra: agua, además de optimizar los parámetros de extracción propuesto.

Profundizar trabajos de investigación, utilizando niveles menores a 5 g/l a fin de que los resultados se encuentren dentro de lo recomendado por la normatividad vigente.

Realizar investigaciones para analizar la composición del mucilago y otras propiedades fisicoquímicas como viscosidad, potencial de estabilidad z.

## REFERENCIAS

- Adjeroud-Abdellatif, N., Hammoui, Y., Boudria, A., Agab, S., Choulak, F., Leclerc, J. P., Merzouk, B., & Madani, K. (2020). Effect of a natural coagulant extract from *Opuntia ficus-indica* cladode on electrocoagulation-electroflotation water treatment process. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 00(00), 1–25. <https://doi.org/10.1080/03067319.2020.1804889>
- ALA-Moquegua. (2018). EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA TUMILACA Periodo 2011 - 2018. In *EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA TUMILACA Periodo 2011 - 2018 Administración*. Ministerio de Agricultura y Riego.
- Álvarez, A. (2020). *Clasificación de las Investigaciones* (C. de N. I. Universidad de Lima, Facultad de Ciencias Empresariales y Económicas (ed.)).
- Arakaki, M., & Cano, A. (2003). Composición florística de la cuenca del río Ilo-Moquegua y Lomas de Ilo, Moquegua, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 10(1), 5–19. <https://doi.org/10.15381/rpb.v10i1.2472>
- Bayar, N., Bouallegue, T., Achour, M., Kriaa, M., Bougatef, A., & Kammoun, R. (2017a). Ultrasonic extraction of pectin from *Opuntia ficus indica* cladodes after mucilage removal: Optimization of experimental conditions and evaluation of chemical and functional properties. *Food Chemistry*, 235, 275–282. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.05.029>
- Bayar, N., Bouallegue, T., Achour, M., Kriaa, M., Bougatef, A., & Kammoun, R. (2017b). Ultrasonic extraction of pectin from *Opuntia ficus indica* cladodes after mucilage removal: Optimization of experimental conditions and evaluation of chemical and functional properties. *Food Chemistry*, 235, 275–282. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.05.029>
- Botero Quiceno, H. (2010). Una revisión del concepto de densidad: la implicación de los conceptos estructurantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje. *Revista de Educación y Pensamiento*, 17, 23–32.

- Bouatay, F., & Mhenni, F. (2014). Use of the Cactus Cladodes Mucilage (Opuntia Ficus Indica) As an Eco-Friendly Flocculants: Process Development and Optimization using Stastical Analysis. *International Journal of Environmental Research*, 8(4), 1295–1308.
- Branson.com. (n.d.). *Branson Ultrasonics™ Baños de limpieza por ultrasonidos Bransonic™ serie CPXH CPX3800H-E; 230/240V; Capacity: 5.7L; 39.7L x 31.7W x 37.7mm H Branson Ultrasonics™ Baños de limpieza por ultrasonidos Bransonic™ serie CPXH | Fisher Scientific*. Retrieved June 2, 2020, from <https://www.fishersci.es/shop/products/branson-bransonic-cpxh-series-ultrasonic-cleaners-model-cpx1800h-2/13453619>
- Castañeda-Cachay, A. P., Zavaleta-Gutiérrez, N. E., & Siche, R. (2019a). Optimization of the extraction process of Linum usitatissimum mucilage using a sequential design. *Scientia Agropecuaria*, 10(1), 19–28. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.01.02>
- Castañeda-Cachay, A. P., Zavaleta-Gutiérrez, N. E., & Siche, R. (2019b). Optimization of the extraction process of Linum usitatissimum mucilage using a sequential design. *Scientia Agropecuaria*, 10(1), 19–28. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.01.02>
- Chambi, E. F., & Puraca, K. R. (2017). “*Evaluación tecnológica para la extracción del mucilago de la semilla de chía (salvia hispánica l.), y su aplicación como estabilizante en un néctar de fresa.*”
- Choque-Quispe, D., Choque-Quispe, Y., Solano-Reynoso, A., & Ramos-Pacheco, B. (2018). Capacidad floculante de coagulantes naturales en el tratamiento de agua Capacity flocculant of natural coagulants in water treatment. *Tecnología En Marcha*, Vol. 38 N°(ISSN 2224-6185), 298–309.
- Cuevas-Valenzuela, J., Vergara-Salinas, J., & Pérez-Correa, J. (2016). Advances in Technologies for Producing Food-relevant Polyphenols. In *Advances in Technologies for Producing Food-relevant Polyphenols*. Taylor & Francis. <https://doi.org/10.1201/9781315371245>

- Dao, V. H., Cameron, N. R., & Saito, K. (2016). Synthesis, properties and performance of organic polymers employed in flocculation applications. *Polymer Chemistry*, 7(1), 11–25. <https://doi.org/10.1039/c5py01572c>
- DIGESA - Ministerio de Salud. (2014). *Parámetros fisicoquímicos y organolépticos*. [http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes\\_tecnicos/GRUPO DE USO 1.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO_DE_USO_1.pdf)
- Fabre, J. F., Lacroux, E., Valentin, R., & Mouloungui, Z. (2015). Ultrasonication as a highly efficient method of flaxseed mucilage extraction. *Industrial Crops and Products*, 65, 354–360. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.11.015>
- García Nauto, N. (2017). *Optimización de la extracción acuosa y secado del biopolímero de nopal (Opuntia ficus-indica)*. Universidad de Chile.
- Guevara-Ayala, M. L., & Gutiérrez-Méndez, N. (2014). Optimización de la extracción de mucilago de nopal (*Opuntia* spp.) mediante la aplicación de ultrasonido de alta potencia. In *Facultad de Ciencias Químicas* (Vol. 3). [http://www.researchgate.net/publication/258644061\\_Libro\\_de\\_Actas\\_del\\_V\\_Foro\\_Iberomericano\\_de\\_los\\_Recursos\\_Marinos\\_y\\_la\\_Acuicultura/file/3deec528c8c45982e7.pdf](http://www.researchgate.net/publication/258644061_Libro_de_Actas_del_V_Foro_Iberomericano_de_los_Recursos_Marinos_y_la_Acuicultura/file/3deec528c8c45982e7.pdf)
- Guzman, Loayza, D., & Chavez, J. (2007). CHEMICAL COMPOSITIONAL STUDY OF NOPAL (*Opuntia ficusindica*) CLADOPHYLL FOR HUMAN CONSUMPTION. *Rev Soc Quim Perú*, 73(1), 41–45.
- Guzmán, D., & Chávez, J. (2007). Estudio bromatológico del cladiolo del nopal (*Opuntia ficus-indica*) para el consumo humano. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 73 N° 1, 41–45.
- H.W.Kessel.com. (n.d.). *Homogeneizador por ultrasonidos*. Retrieved June 2, 2020, from <https://www.hwkessel.com.pe/marcas/jp-selecta/homogeneizador-por-ultrasonidos>
- Hernández-Carranza, P., Rivadeneyra-Mata, M., Ramos-Cassellis, M. E., Aparicio-Fernández, X., Navarro-Cruz, A. R., Ávila-Sosa, R., & Ochoa-Velasco, C. E.

- (2019). Characterization of red prickly pear peel (*Opuntia ficus-indica* L.) and its mucilage obtained by traditional and novel methodologies. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13(2), 1111–1119. <https://doi.org/10.1007/s11694-018-00026-y>
- Hielscher.com. (n.d.). *Sonicación por sonda vs. Baño ultrasónico: Una comparación de eficiencia - Tecnología de ultrasonido de Hielscher*. Retrieved September 1, 2020, from <https://www.hielscher.com/es/probe-type-sonication-vs-ultrasonic-bath-an-efficiency-comparison.htm>
- Huamán-Castilla, N. L., Mariotti-Celis, M. S., Martínez-Cifuentes, M., & Pérez-Correa, J. R. (2020). Glycerol as alternative co-solvent for water extraction of polyphenols from Carménère pomace: Hot pressurized liquid extraction and computational chemistry calculations. *Biomolecules*, 10(3), 1–14. <https://doi.org/10.3390/biom10030474>
- Jiang, X., Li, Y., Tang, X., Jiang, J., He, Q., Xiong, Z., & Zheng, H. (2021). Biopolymer-based flocculants: a review of recent technologies. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(34), 46934–46963. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-15299-y>
- Lee, C. S., Robinson, J., & Chong, M. F. (2014). A review on application of flocculants in wastewater treatment. *Process Safety and Environmental Protection*, 92(6), 489–508. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2014.04.010>
- Majdoub, H., Roudesli, S., Picton, L., Le Cerf, D., Muller, G., & Grisel, M. (2001). Prickly pear nopals pectin from *Opuntia ficus-indica* physico-chemical study in dilute and semi-dilute solutions. *Carbohydrate Polymers*, 46(1), 69–79. [https://doi.org/10.1016/S0144-8617\(00\)00284-8](https://doi.org/10.1016/S0144-8617(00)00284-8)
- MINAGRI. (2016). Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales. In *Autoridad Nacional del Agua* (p. 92). <http://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/209>
- MINSA. (2010). Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA . Dirección General de Salud Ambiental Ministerio de Salud

Lima – Perú. *Dirección General de Salud Ambiental - Ministerio de Salud*, 45.  
<http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/1590.pdf>

- Morales-Tovar, M. E., Ramos-Ramírez, E. G., & Salazar-Montoya, J. A. (2020). Modeling and optimization of the parameters affecting extraction of the chan seed mucilage (*Hyptis suaveolens* (L.) Poit) by mechanical agitation (MA) and ultrasound-assisted extraction (UAE) in a multiple variables system. *Food and Bioproducts Processing*, 120, 166–178.  
<https://doi.org/10.1016/j.fbp.2020.01.009>
- Ng, W., Peña, F., & Acosta, H. (2018). Hidrogeología de la Cuenca del Río Ilo-Moquegua (13172), Región Moquegua. In *INGEMET* (pp. 10–27).
- NMX-F-066-S-1978. (1978). *DETERMINACIÓN DE CENIZAS EN ALIMENTOS*. 1–18.
- NMX-N-016-SCFI-2011. (2011). *NORMA MEXICANA NMX-N-016-SCFI-2011 INDUSTRIAS DE CELULOSA Y PAPEL- DETERMINACIÓN DE HUMEDAD DE LOS PAPELES Y CARTONES POR SECA- DO EN ESTUFA – MÉTODO DE PRUEBA . PULP AND PAPER INDUSTRIES - MOISTURE DETERMINATION IN PAPER AND PAPERBOARD BY DRYING IN OVE*.
- Ojha, K. S., Aznar, R., O'Donnell, C., & Tiwari, B. K. (2020). Ultrasound technology for the extraction of biologically active molecules from plant, animal and marine sources. *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, 122, 115663.  
<https://doi.org/10.1016/j.trac.2019.115663>
- Olivero-Verbel, R. E., Mercado-Martínez, I. D., & Montes-Gazabón, L. E. (2013). Remoción de la turbidez del agua del río Magdalena usando el mucílago del nopal *Opuntia ficus-indica*. *Producción + Limpia*, 8(1), 19–27.
- Ortiz, C., Solano, D., Villada Castillo, H., Mosquera Sánchez, S., & Velasco, R. (2011). Extracción y secado de floculantes naturales usados en la clarificación de jugos de caña. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 9(2), 32–40.

- Patale, V., & Pandya, J. (2012). Mucilage extract of *Coccinia indica* fruit as coagulant-flocculent for turbid water treatment. *Asian Journal of Plant Science and Research*, 2(4), 442–445. <http://pelagiaresearchlibrary.com/asian-journal-of-plant-science/vol2-iss4/AJPSR-2012-2-4-442-445.pdf>
- Picquart, M., & Carrasco Morales, I. (2017). De la temperatura y su medición. *Latin-American Journal of Physics Education*, 11(1), 10.
- Pinto, A. L. (2017). *Evaluación y comparación de naturales Aloe vera ( Sábila ) y Opuntia ficus-indica ( Nopal / Tuna ) y orgánicos* [Universidad Católica de Santa María - Arequipa]. <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/UCSM/6664/42.0157.IB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Procacci, S., Bojórquez-Quintal, E., Platamone, G., Maccioni, O., Vecchio, V. Lo, Morreale, V., Alisi, C., Balducci, R., & Bacchetta, L. (2021). Opuntia ficus-indica Pruning Waste Recycling: Recovery and Characterization of Mucilage from Cladodes. *Natural Resources*, 12(04), 91–107. <https://doi.org/10.4236/nr.2021.124008>
- Rachdi, R., Srarfi, F., & Shimi, N. S. (2017). Cactus Opuntia as natural flocculant for urban wastewater treatment. *Water Science and Technology*, 76(7), 1875–1883. <https://doi.org/10.2166/wst.2017.370>
- Ritzoulis, C. (2017). Mucilage formation in food: a review on the example of okra. *International Journal of Food Science and Technology*, 52(1), 59–67. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13270>
- Rojas Cairampoma, M. (2015). Tipos de investigación científica: Una simplificación de la complicada incoherente nomenclatura y clasificación. *Revista Electronica de Veterinaria*, 16(1), 21–24.
- Salehizadeh, H., Yan, N., & Farnood, R. (2018). Recent advances in polysaccharide bio-based flocculants. *Biotechnology Advances*, 36(1), 92–119. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2017.10.002>

- Samame, Y. (2019). *Dosis óptima de mucílago de Opuntia ficus-indica para mejorar la calidad del agua del río la Leche, Lambayeque* (Vol. 4, Issue 1). Universidad César Vallejo.
- Sanchez, R. (2019). *NIVELES DE METALES PESADOS (Pb, Al y Sr) EN EPOCA DE AVENIDA Y ESTIAJE EN EL RIO OSMORE, REGION MOQUEGUA*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA ESCUELA.
- Sepúlveda, E., Sáenz, C., Aliaga, E., & Aceituno, C. (2007). Extraction and characterization of mucilage in Opuntia spp. *Journal of Arid Environments*, 68(4), 534–545. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2006.08.001>
- Silva, M. (2017). *Extracción del mucílago de la penca de tuna y su aplicación en el proceso de coagulación-floculación de aguas turbias Para optar el Título Profesional de Ingeniera Química*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Tarón-Dunoyer, A. A., Guzmán-Carrillo, L. E., & Barros-Portnoy, I. (2017). Evaluación de la Cassia fistula como coagulante natural en el tratamiento primario de aguas residuales. *Orinoquia*, 21(1), 73. <https://doi.org/10.22579/20112629.396>
- Torres, R., Morales, D., Ballinas, M., & Nevárez, G. (2015). El nopal: planta del semidesierto con aplicaciones en farmacia, alimentos y nutrición animal. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(5), 1129–1142. <http://www.redalyc.org/pdf/2631/263139893015.pdf>
- Tosif, M. M., Najda, A., Bains, A., Kaushik, R., Dhull, S. B., Chawla, P., & Walasek-Janusz, M. (2021). A comprehensive review on plant-derived mucilage: Characterization, functional properties, applications, and its utilization for nanocarrier fabrication. *Polymers*, 13(7). <https://doi.org/10.3390/polym13071066>
- Trachtenberg, S., & Mayer, A. M. (1980). Biophysical properties of Opuntia ficus-indica mucilage. *Phytochemistry*, 21(12), 2835–2843. [https://doi.org/10.1016/0031-9422\(80\)85052-7](https://doi.org/10.1016/0031-9422(80)85052-7)



Trachtenberg, S., & Mayer, A. M. (1981). Composition and properties of *Opuntia ficus-indica* mucilage. *Phytochemistry*, 20(12), 2665–2668.  
[https://doi.org/10.1016/0031-9422\(81\)85263-6](https://doi.org/10.1016/0031-9422(81)85263-6)

Wang, W., Lu, C., & Kuo, M. (2022). *Combination of Ultrasound and Heat in the Extraction of Chia Seed ( Salvia hispanica L .) Mucilage : Impact on Yield and Technological Properties.*

## ANEXO 1

### Matriz de consistencia

VARIABLE	DEFINICIÓN TEÓRICA	DEFINICIÓN OPERATIVA	DIMENSIONES	INDICADORES	TIPO ESTADÍSTICO	ESCALA	INSTRUMENTO
<b>Independiente</b>							
<b>I etapa</b>							
Temperatura	La temperatura de un cuerpo indica en qué dirección se desplazará el calor al poner en contacto dos cuerpos que se encuentran a temperaturas distintas, (Picquart & Carrasco Morales, 2017)	Se utilizará una termocupla tipo K ubicada en el ultrasonido CY-500	Relación de los parámetros temperatura y pH durante la EAU	Temperatura		40, 60 Y 80 °C	Termómetro
pH	Es una medida de la concentración de iones de hidrógeno en el agua (DIGESA - Ministerio de Salud, 2014)	Se utilizara un multiparametrico Thermo Scientific modelo Orion Versa Star y para regular el pH tanto ácido cítrico como hidróxido de sodio		Potencial de hidrogeno		5, 7 y 9	Potenciómetro
<b>II etapa</b>							
Concentración de mucilago	El mucilago es un polisacárido que puede ser utilizado como floculante (Lee et al., 2014)	Se utilizará el mucilago obtenido en la AEU	Relación de los parámetros concentración de mucilago y velocidad e agitación durante el proceso de floculación del tratamiento de agua	mg/L	Se utilizará un DCA con arreglo factorial de 3x3 con 3 repeticiones y, de existir diferencias se evaluará los resultados mediante el análisis de la Prueba LSD	0, 15 y 30	Gravimetría
Velocidad de agitación	La velocidad de agitación ayuda a la formación del floc, que luego precipitara durante el tratamiento de agua (Lee et al., 2014)	Se programará el test de jarras Lavibond ET 740		rpm		Velocímetro	
<b>Dependiente</b>							
<b>I etapa</b>							
Densidad	Es la relación existente entre la masa y el volumen de la materia (Botero Quiceno, 2010)	Se empleará agua destilada como solvente la cual será añadido en una relación de muestra: agua de 1:20. El agua será acondicionada con ácido cítrico hasta un pH de 4, 5 y 6. Luego se someterá a EAU de 20 Hz a 70 % de potencia durante 30 min, se acondicionará un termo	Mayor contenido de mucilago, y adecuada densidad, humedad y ceniza	Densidad		g/mL	Gravimetría

Contenido de mucilago	Es la cantidad de mucilago obtenido a partir de un producto natural (Bouatay & Mhenni, 2014)	agitador para regular la temperatura de 40, 60 y 80 °C.		Concentración	mg mucilago / 100 g muestra	Conductímetro
Humedad	La humedad es el valor porcentual (peso/peso) de agua que puede evaporarse, se expresa en % (NMX-N-016-SCFI-2011, 2011)			Porcentaje de humedad	%	Gravimetria
Ceniza	La ceniza es el valor porcentual (peso/peso) de material no volátil, se expresa en % (NMX-F-066-S-1978, 1978)			Porcentaje de ceniza	%	Gravimetria
<b>II etapa</b>						
Turbidez	La materia suspendida en el agua absorbe la luz, haciendo que el agua tenga un aspecto nublado (DIGESA - Ministerio de Salud, 2014)	Se realizará el test de jarras utilizando agua cruda para ser tratada, se aplicara diferentes concentraciones de mucilago ya diferentes velocidades de agitación, luego se sometera a reposo durante 30 minutos y se los parámetros fisicoquimicos	Mejorar los parámetros fisicoquimicos del agua tratada	Absorción de luz	NTU	Nefelometria
Conductividad eléctrica	La conductividad es un valor numérico que muestra la capacidad de una sustancia para transportar una corriente eléctrica (DIGESA - Ministerio de Salud, 2014)			Corriente eléctrica / longitud	µS/cm	Conductimetría
pH	Es una medida de la concentración de iones de hidrógeno en el agua (DIGESA - Ministerio de Salud, 2014)			Potencial de hidrogeno	pH	Potenciometría

## ANEXO 2

### RESULTADOS DE VARIABLES INDEPENDIENTES DE LA ETAPA I


pH	T(°C)	Mucilago %	Humedad %	Ceniza %	Densidad g/ml
5	40	7.683	13.87	0.979	0.979
7	40	4.306	6.530	13.25	0.967
9	40	3.906	6.933	12.35	0.972
5	60	4.84	6.960	13.65	0.965
7	60	9.676	6.048	13.17	0.979
9	60	4.692	5.904	13.26	0.975
5	80	4.69	6.213	12.77	0.961
7	80	3.204	7.534	13.23	0.958
9	80	4.68	5.477	13.38	0.984
5	40	7.352	12.97	0.924	0.924
7	40	7.13	6.612	13.27	0.971
9	40	2.778	6.413	13.62	0.968
5	60	6.19	6.644	11.93	0.971
7	60	9.704	6.773	13.27	0.979
9	60	5.036	5.442	13.48	0.972
5	80	3.81	6.328	13.87	0.958
7	80	2.47	7.857	13.58	0.962
9	80	4.452	5.830	13.46	0.973
5	40	6.882	12.67	0.932	0.932
7	40	6.798	6.997	13.42	0.972
9	40	5.404	6.934	13.65	0.961
5	60	6.652	6.768	12.84	0.968
7	60	8.974	6.831	13.32	0.979
9	60	5.84	5.904	13.11	0.979
5	80	7.372	6.282	13.87	0.963
7	80	3.734	7.651	13.41	0.971
9	80	5.194	5.418	13.24	0.975

### ANEXO 3

#### RESULTADOS DE VARIABLES INDEPENDIENTES DE LA ETAPA II

Velocidad	Peso de mucilago	Turbidez NTU	pH	Conductividad eléctrica $\mu\text{S}/\text{cm}$
50	0	262.2	6.95	308
100	0	294.3	7.36	310
150	0	266.5	7.26	298
50	5	23.3	6.25	1202
100	5	23.5	6	1189
150	5	23.6	6.35	1193
50	10	28.1	5.49	2027
100	10	29.9	5.51	1967
150	10	30.3	5.56	1956
50	0	264.1	6.82	304
100	0	281.6	6.98	312
150	0	274.5	7.12	295
50	5	23.4	6.12	1125
100	5	22.1	6.08	1210
150	5	22.6	6.03	1184
50	10	30.2	5.52	1945
100	10	29.2	5.46	1985
150	10	30.4	5.51	2004
50	0	271.3	6.91	296
100	0	272.5	7.02	306
150	0	278.4	6.93	302
50	5	24.6	6.07	1168
100	5	23.8	6.19	1198
150	5	24.1	6.25	1196
50	10	29.4	5.38	1993
100	10	32.1	5.58	2011
150	10	33.1	5.41	1986

**ANEXO 4**  
**INSTRUMENTO N° 01**

	<b>FORMATO DE EXTRACCION ASISTIDA POR ULTRASONIDO DE MUCILAGO</b>												<b>INSTRUMENTO: N°01</b>			
	<b>FORMATO DE FICHA DE OBSERVACION</b>															
<b>TÍTULO:</b>	Extracción asistida por ultrasonido de mucílago de nopal para su uso como floculante natural en agua de río Moquegua 2021															
<b>LINEA DE INVESTIGACIÓN:</b>	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales															
<b>FACULTAD:</b>	Ingeniería Ambiental															
<b>AUTOR:</b>	Guevara Ajrota, Yalely Evelyn															
<b>ASESOR:</b>	MSc. Quijano Pacheco, Wilber Samuel															
<b>FECHA:</b>	08 de Febrero del 2022															
<b>MUESTRA:</b>																
Temperatura	pH	Densidad			Contenido de mucílago			Humedad			Ceniza			Granulometría		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
T1 (40)	P1 (5)															
T1 (40)	P2 (7)															
T1 (40)	P3 (9)															
T2 (60)	P1 (5)															
T2 (60)	P2 (7)															
T2 (60)	P3 (9)															
T3 (80)	P1 (5)															
T3 (80)	P2 (7)															
T3 (80)	P3 (9)															



**ANEXO 6**  
**MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN**

**Extracción asistida por ultrasonido de mucilago de nopal para su uso como floculante natural en agua de rio Moquegua**  
**2021**

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES		INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA						
<b>Extracción asistida por ultrasonido (EAU) de mucilago de nopal</b>	El ultrasonido se define como ondas de sonido que tiene una frecuencia que excede el límite de audición del oído humano (~ 20 kHz). Es una de las tecnologías emergentes que se desarrollaron para minimizar el procesamiento, maximizar la calidad y garantizar la seguridad de los productos alimenticios. El ultrasonido se aplica a impartir efectos positivos en el procesamiento de alimentos tales como la mejora en la transferencia de masa, conservación de alimentos, la asistencia de los tratamientos térmicos y de manipulación de alimentos y análisis de la textura (Awad y col. 2012).	Se empleará agua destilada como solvente la cual será añadido en una relación de muestra: agua de 1:20. El agua será acondicionada con ácido cítrico hasta un pH de 5, 7 y 9. Luego se someterá a EAU de 20 Hz a 70 % de potencia durante 30 min, se acondicionará un termo agitador para regular la temperatura de 40, 60 y 80 °C.	Óptimo en	Temperatura	40	°C						
					60							
					80							
			Características del mucilago					5	Potencial de hidrógeno			
								7				
								9				
								Contenido de mucilago (concentracion)		$\frac{mg\ mucilago}{g\ muestra}$		
								Densidad		$\frac{g}{mL}$		
			Concentracion optima del mucilago de nopal como floculante					Humedad	%			
								Ceniza	%			
Granulometría	%											
<b>uso como floculante natural en agua de rio</b>	La floculacion interviene generalmente en el tratamiento de aguas destinadas al abastecimiento publico y en la preparacion de aguas industriales de fabricacion. Su funcion es la de transportar y agrupar las particulas suspendidas, desestabilizarlas para formar floculos los cuales son facilmente sedimentables.	Se utilizara el mucilago obtenido en la EAU. Se programará el test de jarras Lavibond ET 740, para este test se utilizara agua de rio para ser tratada, se aplicara 3 diferentes concentraciones de mucilago, a 3 diferentes velocidades de agitacion, durante 30 minutos. Posteriormente se dejará a reposo durante 30 minutos y se procederá a analizar los parámetros fisicoquímicos.	Características de floculante			Dosis de mucilago	gramos					
						Velocidad de agitacion	50	rpm				
							100					
							150					
						Tiempo de agitacion	30 min.					
						Tiempo de precipitado	30 min.					
						Parámetros fisico - quimicos del agua de rio (antes y despues)					Turbidez	NTU
											Conductividad electrica	$\frac{\mu S}{cm}$
											pH	Potencial de hidrógeno



**ANEXO 7**  
**PANEL FOTOGRÁFICO**

**Cladiolos de opuntia**



**Cortando la penca de tuna**



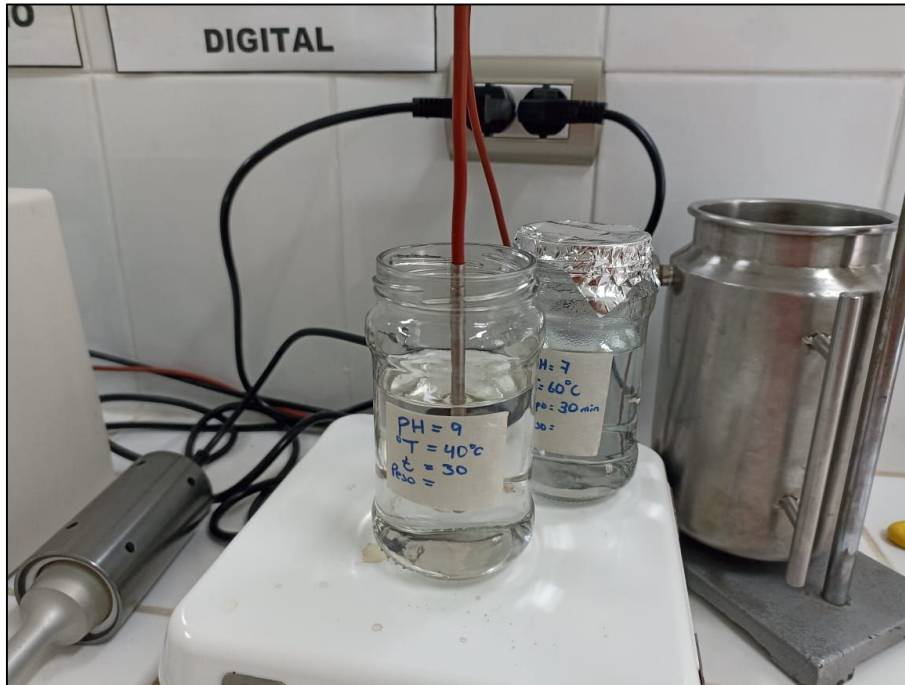
### Trozando la pulpa



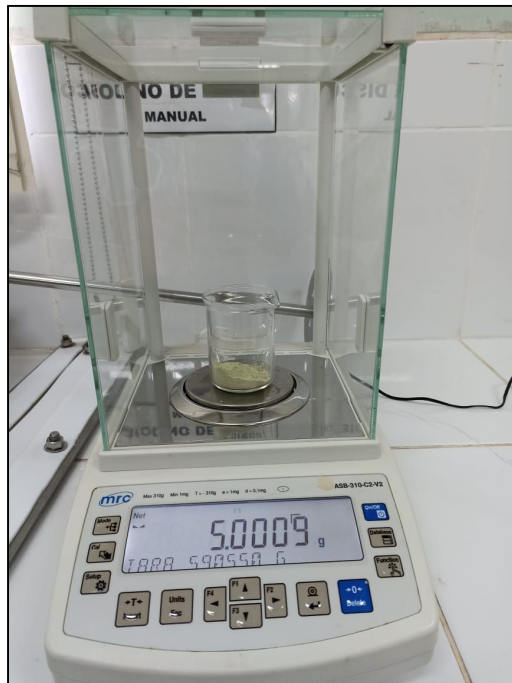
### Colocando pulpa troceada en estufa



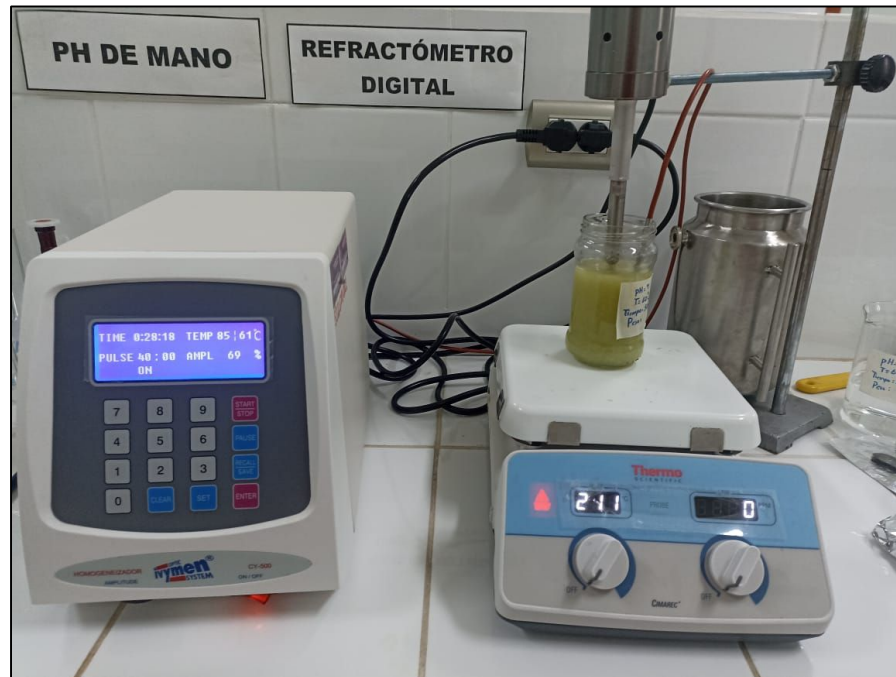
## Aumentando la temperatura



## 5 gramos de polvo fino de cladiolo



## Extracción asistida por ultrasonido



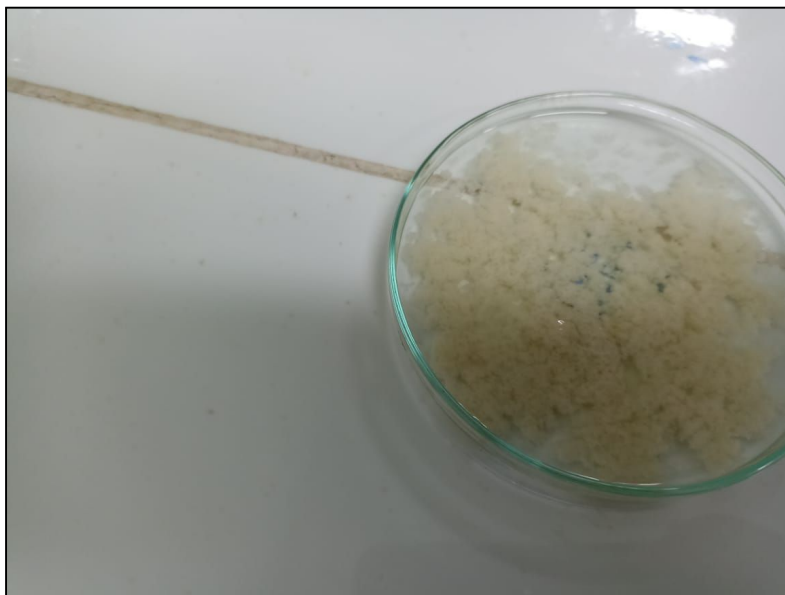
## Centrifugadora (centrifugando después de la EAU)



**Mucilago obtenido, después de las 24 horas con alcohol**



**Colocando precipitado en placas, para su posterior secado**



## Raspando mucilago, después de precipitado y secado



## Mucílago de nopal obtenido



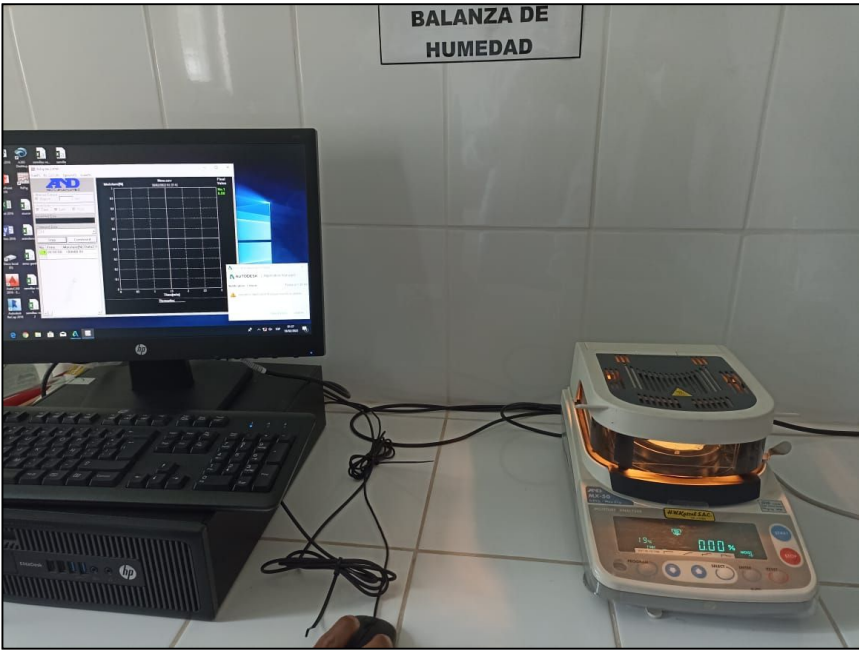
## Determinando granulometría



## Ceniza obtenida



Determinando humedad





## Test de jarras



**30 min. De reposo después del test de jarras**



## Utilizando multiparamétrico



## Determinando conductividad eléctrica

