

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

Uso de la harina de haba (*Vicia faba* L.) como ayudante de coagulación en el tratamiento de agua para consumo humano. Una Revisión

Por:

Edith Gomez Chavez

Elma Celay Lopez Cruz

Asesor:

Ing. Juan Eduardo Vigo Rivera

Juliaca, setiembre de 2020

DECLARACIÓN JURADA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Juan Eduardo Vigo Rivera, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: **“USO DE LA HARINA DE HABA (VICIA FABIA L.) COMO AYUDANTE DE COAGULACIÓN EN EL TRATAMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO. UNA REVISIÓN”** constituye la memoria que presentan las estudiantes Edith Gomez Chavez y Elma Celay Lopez Cruz para aspirar al Grado Académico de Bachiller en Ingeniería Ambiental, ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad de los autores, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en Juliaca, a los 24 días del mes de septiembre del año 2020.



Ing. Juan Eduardo Vigo Rivera
Asesor

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiari, a 09 día(s) del mes de Setiembre del año 2020 siendo las 10:00 horas.

se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión campus Juliaca, bajo la dirección del (de la)

presidente(a): MSc. Rose Adeline Ballata Chura el(la)

secretario(a): Ing. Verónica Haydee Pari Mamani y los demás miembros

Ing. Miguel Ángel Salcedo Enriquez

y el(la) asesor(a) Ing. Juan Eduardo Vigo Rivera

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación del trabajo de

investigación titulado: "Uso de la harina de haba (Vicia faba L.) como ayudante de coagulación en el tratamiento de agua para consumo humano. Una Revisión"

de los (las) egresados (as): a) Edith Gomez Chavez

b) Elma Belay Lopez Cruz

conducente a la obtención del grado académico de Bachiller en Ingeniería Ambiental
(Denominación del Grado Académico de Bachiller)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando a las candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por las candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato/a (a): Edith Gomez Chavez

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>14</u>	<u>C</u>	<u>Aceptable</u>	<u>Bueno</u>

Candidato/a (b): Elma Belay Lopez Cruz

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>14</u>	<u>C</u>	<u>Aceptable</u>	<u>Bueno</u>

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó a las candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

Presidente/a

Asesor/a

Candidato/a (a)

Secretario/a

Miembro

Candidato/a (b)



Uso de la harina de haba (*Vicia faba* L.) como ayudante de coagulación en el tratamiento de agua para consumo humano. Una Revisión

Gomez Chavez, Edith^{a*}, Lopez Cruz, Elma Celay^a, Vigo Rivera, Juan Eduardo^a

^a Facultad de Ingeniería y Arquitectura, EP de Ingeniería Ambiental, Universidad Peruana Unión

Resumen

La coagulación es un proceso muy importante para el tratamiento del agua para consumo humano; sin embargo, la adición de coagulantes químicos genera gastos elevados, haciendo difícil su acceso para la mayoría de la población; teniendo en cuenta, las consecuencias negativas asociadas a la salud humana y al medio ambiente, es necesario la búsqueda de otras alternativas como el uso de coagulantes naturales. El objetivo de este artículo fue “realizar una revisión bibliográfica sobre el uso de la harina de haba (*Vicia faba* L.) como ayudante de coagulación en el tratamiento de agua para consumo humano”. La harina de haba tiene propiedades coagulativas como son las proteínas catiónicas seguidas de los compuestos fenólicos como taninos y ácido fítico, siendo estas propiedades del haba las que permiten ser eficientes como ayudante de la coagulación y cumplir con los parámetros fisicoquímicos vigentes en la normativa; cabe mencionar, el cambio de pH del agua no genera un efecto significativo sobre la actividad del ayudante de coagulación, puesto que se vio su eficiencia entre los valores de pH de 3 – 10; del mismo modo, la temperatura no es un factor limitante para la remoción de la turbidez. Por lo tanto, se concluye, que la harina de haba es eficiente como ayudante de coagulación en el tratamiento de agua para consumo humano, siendo una alternativa viable, con menor costo en su aplicación, con baja producción de lodos, con beneficios a la salud y al medio ambiente.

Palabras clave: Agua, ayudante de coagulación, harina de habas, turbidez, remoción.

*Use of bean flour (*Vicia faba* L.) as a coagulation aid in the treatment of water for human consumption. A Review*

Coagulation is a very important process for the treatment of water for human consumption; however, the addition of chemical coagulants generates high costs, making it difficult for the majority of the population to access them; taking into account the negative consequences associated with human health and the environment, it is necessary to seek other alternatives such as the use of natural coagulants. The objective of this article was "to carry out a bibliographic review on the use of bean flour (*Vicia faba* L.) as a coagulation aid in the treatment of water for human consumption". Bean flour has coagulation properties such as cationic proteins followed by phenolic compounds such as tannins and phytic acid, being these properties of the bean the ones that allow it to be efficient as coagulation aid and to comply with the physicochemical parameters in force in the regulations; it is worth mentioning that the change of pH of the water does not generate a significant effect on the activity of the coagulation aid, since its efficiency was seen between the pH values of 3 - 10; in the same way, temperature is not a limiting factor for the removal of turbidity. Therefore, it is concluded that bean flour is efficient as coagulation aid in the treatment of water for human consumption, being a viable alternative, with lower cost in its application, with low production of sludge, with benefits to health and the environment.

Keywords: Water, coagulation aid, bean flour, turbidity, removal.

1. Introducción

El agua es esencial e importante para la vida, el desarrollo económico y social de las poblaciones (García, 2007); teniendo en cuenta que el agua denominada “potable” debe ser apta, adecuada y debe cumplir con los estándares de calidad del agua y estar dentro de los Límites Máximos Permisibles, como agua para consumo humano, de acuerdo a la normativa vigente; y considerando que el acceso al agua es fundamental para la salud humana (Organización Mundial de La Salud, 2011). Por lo general no siempre las aguas naturales cumplen con la calidad necesaria o satisfactoria para el consumo humano (Guzmán & Villabona, 2013).

En cuanto al proceso de tratamiento fisicoquímico del agua potable se considera que es un factor muy importante del cual depende la calidad del agua, asimismo en la coagulación y floculación es donde se adiciona generalmente sustancias químicas para que haya una variación de la turbidez, temperatura y el pH, buscando que se modifique la calidad del agua, sufriendo algunas

*Gómez Chávez, Edith^a:
Km. 04 Salida cusco, San Miguel, Puno
Tel.: 935 047 097
E-mail: elma.lc@upeu.edu.pe, edith.gomez@upeu.edu.pe

reacciones con los iones alcalinos presentes en el agua ayudando a la formación de los flocs, por consiguiente las partículas coloidales presentes en el agua quedan desestabilizadas, favoreciendo a la sedimentación rápida (Martínez, Chávez, & Díaz, 2003). En la actualidad, el coagulante químico más utilizado es el Sulfato de Aluminio, $Al_2(SO_4)_3$ (Barrenechea Martel, 2004); así también, existen más coagulantes químicos como es el sulfato férrico, sulfato ferroso, aluminato de sodio, cloruro de aluminio y cloruro férrico (Andía, 2000). Por otra parte, existen desventajas con el uso de los coagulantes químicos utilizados en el proceso de potabilización del agua, porque dejan residuos como las sales de aluminio (Pardo et al., 2020), además se tiene una gran cantidad de producción de lodos tóxicos (Chun, 2010). Estos últimos años, se presenta una preocupación sobre el efecto residual del aluminio y por los efectos en la salud como los neurológicos, la enfermedad del alzheimer y otras enfermedades como el cáncer (Loreto & Feran, 2002); además de contraer estas enfermedades, otro aspecto es la adquisición de los reactivos químicos con un valor económicamente alto, considerando que no son productos de la localidad, dado que son importados, lo que hace que se incremente su costo (Meza et al., 2018).

Cabe indicar que, los coagulantes naturales de origen vegetal, actualmente están siendo estudiadas para la eliminación de la turbidez (Mendoza et al., 2000); sobre todo, porque poseen propiedades y sustancias que son solubles en el agua (Guzmán & Villabona, 2013), los cuales actúan como los coagulantes sintéticos, facilitando la aglomeración de las partículas en suspensión y acelerando la sedimentación; por otra parte, remueven los microorganismos que pueden estar presentes en el agua y que pueden estar protegidos por la turbiedad, en muchos casos no se logra destruir las bacterias absorbidas por las partículas en la cloración; por ello, es necesario desarrollar alternativas ambientalmente permisibles y económicamente viables para reemplazar los coagulantes sintéticos. Teniendo en cuenta que las plantas pueden cultivarse localmente, los coagulantes naturales a base de plantas resultarían ser más rentables que los productos químicos importados (Pardo et al., 2020).

En un estudio, Jahn (1988) dio a conocer una lista de coagulantes naturales de origen vegetal que ya se venían utilizando en África subsahariana, la India y América del Sur; como ejemplo se encontraron las semillas de almendra, habas, algas marinas, maíz dulce, *Cactus Opuntia* y las semillas de moringa. Los resultados obtenidos con el uso de las semillas, aseguran que los coagulantes naturales son eficientes en la reducción de la turbidez del agua, mostrando una ventaja que se utiliza en cualquier temperatura (García, 2007).

Según (Tunco, 2019) y (Huaroma, 2016) mencionan que la harina de habas funciona eficientemente como ayudante de coagulación en el tratamiento del agua para consumo humano.

El presente estudio de investigación tuvo como objetivo “Realizar una revisión bibliográfica sobre el uso de la harina de haba (*Vicia faba* L.) como ayudante de coagulación en el tratamiento de agua para consumo humano”, debido a que a nivel nacional, regional y local se puede disponer fácilmente del haba (*Vicia faba* L.) ya sea en grano seco o verde.

2. Revisión

2.1 La turbidez

La turbidez es causada principalmente por los sólidos suspendidos tales como la arcilla, sedimentos, minerales, materia orgánica e inorgánica (Satterfield, n.d.); así mismo, por bacterias, plancton y otros microorganismos presentes en el agua, pero el componente con más presencia en el agua turbia es la arcilla, debido a su naturaleza de tener gránulos muy finos y estar compuestos de sílice, aluminio y cantidades notorias de hierro, álcalis y tierra alcalina (Barrenechea, 2004).

2.2 Partículas en suspensión

Las partículas en suspensión son provenientes de diferentes actividades como la erosión del suelo, disolución de sustancias minerales y descomposición de sustancias orgánicas. Por otro lado, es ocasionado por las descargas de desagües domésticos, industriales y agrícolas según (Andía, 2000).

Las partículas se pueden clasificar de acuerdo a su tamaño (Andía, 2000).

Tabla 1
Tiempo de decantación de diferentes partículas.

Tipo de Partículas	Diámetro (mm)	Tiempo de caída	
		Densidad 2.65	Densidad 1.1
Grava	10	0.013 s.	0.2 s.
Arena gruesa	1.0	1.266 s.	20.9 s.
Arena fina	0.1	126.66 s.	34.83 min.
Lodo fino	0.01	3.52 h	58 h.
Bacterias	0.001	14.65 d	249.1 d.
Coloides	0.0001	4.12 a.	66.59 d.

Nota: Se puede observar que todas las partículas a la misma densidad, tienen una diferencia en el tiempo de caída, las partículas más pequeñas tienen un tiempo de caída más larga, el cual es difícil sin ninguna adición de un factor externo. Fuente: Según (Andía, 2000).

2.3 Partículas coloidales

Las partículas coloidales presentes en el agua por lo general presentan un diámetro entre 1 y 1.000 milimicrómetros y su comportamiento depende de su naturaleza y origen, estas partículas son los principales causantes de la turbidez en el agua (Barrenechea, 2004).

- i. Las partículas coloidales (10^{-6} m y 10^{-9} m): “son sólidos suspendidos que se caracterizan por ser hidrofílicos (tienen afinidad con el agua) e hidrófobos (rechazan el agua), por lo que es imposible la sedimentación natural requiriendo la ayuda de sustancias químicas y físicas siendo los principales causantes de la turbiedad” (Andía Cárdenas, 2000). Estas partículas por lo general están cargadas negativamente, (Guzmán & Villabona, 2013).

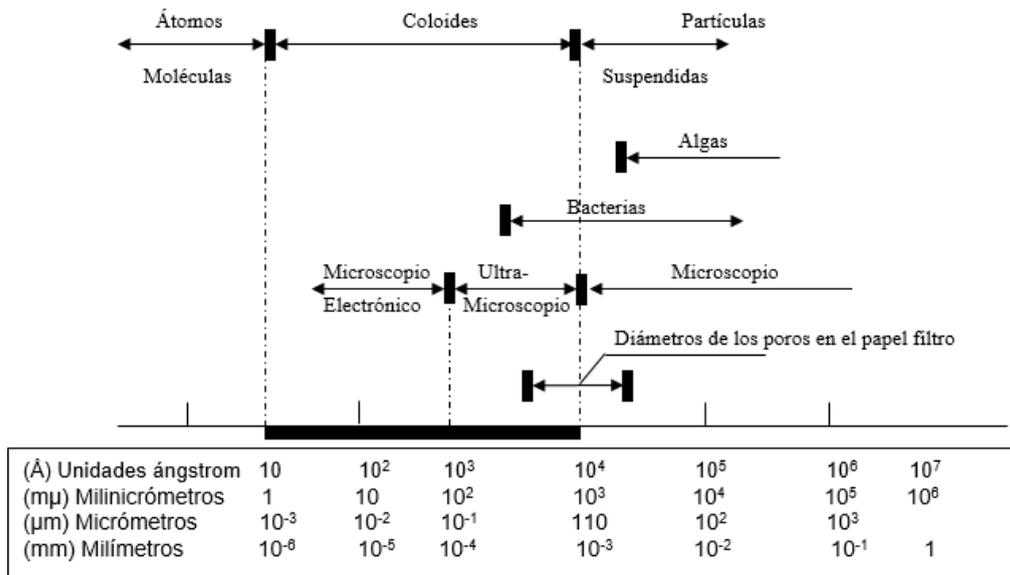


Figura 1. Distribución del tamaño de las partículas en el agua.
Fuente: (Barrenechea Martel, 2004).

2.4 Mecanismos fisicoquímicos de la coagulación

La desestabilización de las partículas coloidales se puede lograr mediante los mecanismos fisicoquímicos (Andía, 2000). La adición de los polímeros se hace para facilitar la formación de los flocs y para una sedimentación rápida. Se considera 4 mecanismos de acción.

a) *Compresión de la doble capa*

Este modelo físico de doble capa puede explicar la función de la desestabilización de un coloide o de una partícula en suspensión por un coagulante; el fenómeno de la desestabilización tiene: la curva de atracción de Van der Waals, es fija mientras que, la de repulsión eléctrica disminuye si se incrementan en la solución los iones de carga opuesta (Barrenechea, 2004). Cuando dos partículas semejantes se aproximan, aumenta la fuerza iónica y la compresión de la doble capa a causa de los iones del coagulante (Andía, 2000).

b) *Adsorción y neutralización de la carga*

El efecto de adsorción y neutralización de la carga se encuentra estrechamente ligado al de compresión de la doble capa (Barrenechea, 2004). Este fenómeno se explica claramente si se toman en cuenta las reacciones que ocurren al agregar los polímeros naturales o sintéticos y pueden reestabilizarse con carga positiva, para ello, requiere una energía externa, por ejemplo; la agitación mecánica (Andía, 2000).

c) *Atrapamiento de Partículas dentro de un Precipitado.*

Las partículas coloidales desestabilizadas son atrapadas cuando se adiciona una cantidad de coagulantes, los cuales quedan atrapados en un floc; generalmente se adicionan sales de metales trivalentes como sulfato de aluminio $Al_2(SO_4)_3$ o Cloruro férrico $FeCl_3$. La presencia de aniones acelera la velocidad de sedimentación, una cantidad importante de partículas en suspensión requieren una cantidad inferior de coagulante (Andía, 2000).

d) Adsorción y puente Inter particular

La coagulación en el tratamiento puede ser más económico utilizando un polímero aniónico que favorece la sedimentación rápida y aumenta la consistencia de los coágulos (Andía, 2000); así mismo puede realizarse usando una variedad significativa de compuestos orgánicos sintéticos y naturales caracterizados por grandes cadenas moleculares (Barrenechea, 2004). Los floculantes naturales están asociados con los mecanismos (c) y (d) alargando la cadena de adsorción; siendo ambos principios más importantes para el funcionamiento interno de la coagulación de polímeros naturales (Chun, 2010).

2.5 Principales coagulantes.

- a) Coagulantes metálicos: son químicos que se adicionan al agua para producir una reacción química en los componentes químicos del agua, principalmente por el hidróxido metálicos del coagulante con el finde desestabilizar las partículas y formar el floc, los coagulantes principales son: Sulfato de Aluminio y Sulfato de Hierro (Andía, 2000).
- b) Polielectrolitos: son polímeros orgánicos sintéticos con pesos moleculares muy elevados, eficientes en rango de pH, debido a su costo elevado se usa junto con los coagulantes metálicos. Se clasifican según su carga en: cationes, con carga positiva que al contacto con el agua forman aniones, el cual facilita la remoción de las partículas con carga negativas es eficaz en un pH bajo (Guzmán & Villabona, 2013).
- c) Coagulantes naturales: son polímeros extraídos de las plantas o animales, los cuales vienen siendo utilizado desde hace mucho tiempo. La estructura polimérica que presentan son: los ácidos manuránicos y los ácidos glucónicos. En la actualidad vienen siendo estudiados e identificados las diferentes potencialidades que pueden tener las plantas, el cual puede permitir disminuir el uso de sustancias químicas y de esta manera producir lodos biodegradables, y en muchos casos presentar una toxicidad nula (Choque et al., 2018). También cumplen con una función similar a los coagulantes sintéticos, que es deaglomerar partículas en suspensión, facilitando la sedimentación y en muchos lugares ya son utilizados (África, India y América del sur) para aclarar el agua de la turbidez teniendo resultados muy buenos (Chun, 2010).

Algunos de los coagulantes más estudiados sobre todo son de origen vegetal, especialmente la *Moringa oleífera*, *Opuntia ficus-indica*, *Cactus lefaria*, Café y fríjol común (*Phaseolus vulgaris*). Por otra parte, una gran variedad de almidones se encuentra en la yuca, maíz, plátano y arroz, también en algunas algas marinas. Estos coagulantes no alteran significativamente el pH y la conductividad del agua analizada (Meza et al., 2018).

2.6 Material vegetal utilizado como coagulante.

Los coagulantes naturales son de origen vegetal, los cuales actúan como coagulantes sintéticos, facilitando la sedimentación de la turbidez inicial (García, 2007).

2.7 Floculantes naturales en el Perú.

El Perú tienen una gran diversidad de floculantes naturales, las que se encuentran en plantas, flores y semillas como la *Moringa oleífera* (Okuofu, 2007), *Opuntia ficus indica*, *Cactus lefaria*, Café y haba (*Vicia faba* L.), y que son una fuente de alternativa con un gran potencial, así como lo demuestran las investigaciones; también, presentan poco o nula toxicidad, teniendo alto contenido de proteínas, taninos y carbohidratos, además poseen una alta efectividad en la reducción de la turbidez, porque cuentan con propiedades aglomerantes (García, 2007).

Tabla 2

Floculantes naturales en el Perú.

Floculante	Turbidez inicial UNT	Turbidez Final UNT	Remoción %	Referencia
Moringa oleífera	140	8.5	93,9	(Parada Acevedo, 2019)
Papa (Imilla negra)	40	1.71	68.4	(Tito Surco, 2018)
Pituca (<i>Colucassia esculenta</i>)	400	0.5	99.250	(Huamán & Jaimes, 2019)
<i>Cactus lefaria</i>	70	0.71	98.7	(Solis Silvan et al., 2012)

Nota: 04 tipos de floculantes naturales más utilizados en el Perú.

2.8 Producción de haba en el Perú

Con el paso del tiempo se vio que la producción y el rendimiento del haba en el Perú se ha venido incrementando en las últimas décadas, el área máxima fue de 73.5 mil hectáreas en los últimos 20 años en el periodo de (2003 – 2012), por ello la producción del haba seca aumentó de forma creciente, con 1320 toneladas por hectárea. En la campaña 2017 – 2018 se tuvo una producción de 72.818 hectáreas de grano seco en todo el Perú campaña 2019- 2020 según (Ministerio de Agricultura y Riego, 2019).

La producción del haba en grano seco según los resultados de la encuesta para la campaña 2019 – 2020 (Ministerio de Agricultura y Riego, 2019), indica que se sembrarían 60.8 mil hectáreas, incrementándose en 4.3 mil hectáreas (7.5%), respecto a lo ejecutado en la campaña 2018-2019. Es un cultivo importante en la sierra del Perú, presenta siembras mayores en los meses de setiembre a diciembre alcanzando a 55.1 mil hectáreas (91% del total de intenciones de siembra) según (Ministerio de Agricultura y Riego, 2019).

2.9 El haba

Moreno (2005) indica que el haba tiene la siguiente clasificación taxonómica, es de reino: vegetal; subreino: tracheobionta; división: magnoliophita; clase: magnoliopsida; orden: fabales; familia: fabaceae; género: vicia; especie: faba; nombre científico (*Vicia faba* L.); nombre común en el Perú conocido como haba.

Se cree que el haba tiene como origen a Europa, China, Asia Central y Abisina, extendiéndose de manera exponencial por todo el mundo (Inglaterra, Francia y España). Existen dos tipos de *Vicia faba* (semillas pequeñas y medianas) según (INIA, 2004). Cabe mencionar que esta planta llegó al Perú con los conquistadores españoles.

Las variedades botánicas existentes del haba son: *Vicia faba* Paucijuga, *Vicia faba* Minor, *Vicia faba* Esquina y *Vicia faba* Major (INIA, 2004). *Vicia faba* Major es un cultivo muy antiguo de altos valores nutricionales; comúnmente esta especie ha sido utilizada para descontaminación de agua, en especial en zonas rurales; esta variedad de haba es la que trabaja mejor para el ayudante de coagulación de la turbidez (INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACION Y EXTENSIÓN AGRARIA, 2004).

2.10 Composición química.

La harina de haba es muy conocida porque posee propiedades alimenticias, es rico en carbohidratos, proteínas. De acuerdo con (Huaroma, 2016), se sabe que las proteínas intervienen en la actividad de coagulación; además los compuestos fenólicos como taninos y ácido fítico, también contribuyen a la actividad de coagulación de turbidez (Ortiz et al.,2013).

Tabla 3
Composición química del haba (Por 100 g en peso fresco y seco).

Composición	¹ Haba cruda	² Harina de haba seca	³ Haba Var. Major	⁴ Harina de haba	⁴ Haba fresca
Humedad (%)	7.73	---	---	11.9	60.6
Proteína (%)	31.46	23.97	---	24.3	11.3
Fibra (%)	1.33	3.51	---	4.4	0.8
Carbohidrato (%)	55.21	68.22	---	59.6	25.9
Grasa (%)	1.80	1.45	---	1.9	0.8
Fosforo (%)	---	0.42	---	393	137
Hierro (%)	---	72.00	---	6.7	2
Ácido fítico (%)	---	---	0,25	---	---
Taninos condensados (%)	---	---	0,06	---	---
Taninos Cascaras (%)	---	---	11,6	---	---
Taninos cotiledones (%)	---	---	0,11	---	---

Fuente: ¹(Colca, 2014), ²(Leyva Barzola, 2015), ³Daroch (2002), ⁴(Centro Nacional de Alimentación y Nutrición Instituto Nacional de Salud, 2009).

2.11 Propiedades del haba como ayudante de coagulación.

<i>Propiedades</i>	Las propiedades coagulativas de la harina de haba (<i>Vicia faba</i> L.) o de los coagulantes naturales son principalmente las proteínas catiónicas puesto que están compuestos por fenólicos como taninos y ácido fítico (Crepon et al., 2010); y su principal mecanismo es la adsorción y puente interparticular sin embargo, el contenido de proteínas en el extracto acuoso de las semillas de habas está presente en concentraciones más altas que los componentes fenólicos y el ácido fítico (Bravo, 2017).
<i>Proteínas</i>	Las proteínas catiónicas de la harina de haba (<i>Vicia faba</i> L.) seca, representan alrededor de 24.3% hasta 31.46 % en 100 gr. uno de los componentes coagulativos más activos son las proteínas; ya que, tiene una capacidad eficiente para la coagulación y floculación de muchos contaminantes; además, presentan una toxicidad mínima y son solubles en el agua (Chun , 2010).
<i>Ácido fítico</i>	El ácido fítico es conocido como un antinutriente; no obstante, contribuye a la actividad coagulativa eficazmente, y es conocido como un limpiador natural de aguas (Kuki et al., 2015). Sin embargo las concentraciones más altas de ácido fítico se encuentran en los extractos acuosos de la semilla del haba (Bravo, 2017).
<i>Tanino</i>	Los taninos se encuentran ampliamente en las plantas y tienen presencia en la corteza, frutos y hojas (Sánchez, Heredia, & Hernández , 2010); por otro lado la testa de la semilla del haba contiene taninos condensados (Nadal, 2005), el cual contiene propiedades antimicrobianas, antiparasitarias (Bustamante, 2017), no obstante, se han empleado como floculantes de origen natural (Bravo, 2017); y que tiene una influencia en la capacidad coagulativa para la descontaminación del agua (Bravo, 2017)(Kuki et al., 2015).

3. Análisis de la investigación

3.1 Investigaciones realizadas sobre la harina de haba como ayudante de coagulación para el tratamiento de agua para consumo humano.

En Bolivia se reportó el uso de las semillas, como las del durazno (*Percica vulgaris*), el frijol (*Vicia faba*) y harina de haba (*Vicia faba* L.), como ayudante de coagulación para la clarificación del agua potable (OAS, 2011); además, en todo América Latina se vienen empleando coagulantes alternativos como (Papa, maíz, cactus, trigo, etc).

En la investigación realizada por (Rajput et al., 2012), evaluaron tres plantas, *Strychnos potatorum*, *Prosopis juliflora*, *Vicia faba*; y los resultados que obtuvieron de este estudio satisfacen los estándares de agua potable según la Organización Mundial de la Salud (OMS).

En el estudio de Kuki et al. (2015) trataron con semillas de frijol faba (*Vicia faba* L.), como coagulante natural, haciendo aplicaciones a diferentes dosis de coagulante en agua, confirmando de esta manera las propiedades de coagulación positivas de estos extractos; por lo tanto, concluyen que tienen un gran potencial como coagulantes naturales.

En la tesis realizada por Huaroma (2016), menciona que se determinó la concentración, pH óptimo del coagulante *Vicia faba*, con el objetivo de saber su eficiencia con respecto a la remoción de la turbiedad. Los resultados obtenidos en relación a la remoción de la turbiedad del río Monterrey demuestran la alta eficiencia del coagulante *Vicia faba*, llegando a concluir, que el coagulante natural *Vicia faba* resulta ser eficiente en relación a la remoción de la turbiedad, con un alto porcentaje de remoción de la turbiedad de las aguas del río Monterrey.

En un estudio realizado por Aroni & Sánchez (2009), utilizaron la harina de haba como coagulante primario en el tratamiento del agua para consumo humano, con la finalidad de dar a conocer una nueva alternativa en el tema de los coagulantes naturales frente a los coagulantes químicos. Los datos obtenidos muestran que la harina de haba utilizada como coagulante primario resultó ser eficaz, para el tratamiento de agua para consumo humano.

En la investigación realizada por Tunco (2019), utilizó la harina de haba como ayudante de coagulación del sulfato de aluminio, con la finalidad de poder comparar la eficacia de la harina de haba como ayudante de coagulación del $Al_2(SO_4)_3$, en pruebas de jarras, demostrando que la harina de haba como coagulante primario y como ayudante de coagulación fue eficaz, y que genera menos gastos en comparación de los coagulantes químicos, además reduce enfermedades generados por el uso del Sulfato de aluminio en el tratamiento de aguas para consumo humano.

Tabla 3

Diferentes estudios aplicando el coagulante natural (*Vicia faba* L.) para reducir la turbidez considerando algunos parámetros.

Coagulante	Turbiedad Inicial (UNT)	Turbiedad Final (UNT)	pH	Temperatura °C	Tiempo de mezcla rápida (seg)	Tiempo mezcla lenta (min)	Dosis optima (mg/L)	Eficiencia de R %	Referencia
Haba (<i>Vicia faba</i> L.)	85.07	2.02	7.50	13.50	10	20	35	97.63	(Huaroma, 2016)
Haba (<i>Vicia faba</i> L.)	71.00	1.74	7.50	13.10	10	20	35	97.55	(Huaroma, 2016)
Haba (<i>Vicia faba</i> L.)	30	2	---	---	---	---	---	---	(Aroni & Sánchez, 2009).
Haba (<i>Vicia faba</i> L.)	178	16	9.04	---	10	---	10	---	(Calizaya, 2017)
Haba (<i>Vicia faba</i>)	114	0.97	7.06	17	5	40	20	99.14	(Tunco, 2019)
Haba (<i>Vicia faba</i>)	114	0.75	7.06	17	5	40	20	98.67	(Tunco, 2019)
Haba (<i>Vicia faba</i> L.)	100	11.4	7.0 -	---	5	20	100	89.3	(Rajput et al., 2012)
Haba (<i>Vicia faba</i> L.)	90	---	9	Ambiente	60	30	0.125	55	(Kuki et al., 2015)

Nota: Como se puede observar en la tabla el haba es un coayudante eficiente, con un buen porcentaje de rendimiento según los autores mencionados; cabe resaltar que la harina haba se utilizó como ayudante de coagulación del sulfato de aluminio.

4. Conclusiones.

Por lo tanto, al realizar la revisión bibliográfica, se encontró que la harina de haba (*Vicia faba* L.) es eficiente como ayudante de coagulación en el tratamiento de agua para consumo humano, considerando que tiene ventajas favorables para la salud y el ambiente. Cabe mencionar que tiene propiedades coagulativas, tales como: las proteínas catiónicas seguidas de los compuestos fenólicos como taninos y ácido fítico. Por otro lado, los parámetros fisicoquímicos que influyen en la eficiencia de la capacidad coagulativa son: la dosis optima del coagulante, la turbidez inicial de agua, el pH y la temperatura; además, el cambio del pH no genera un efecto significativo sobre la actividad coagulativa; así mismo, la temperatura no es un factor limitante para la remoción de la turbidez; también, se encontró que la harina de haba es eficiente en la remoción de la turbidez del agua alcanzando porcentajes altos, semejante a los resultados de los coagulantes químicos. Finalmente se puede decir; que la harina de haba es una alternativa viable, con menor costo en su aplicación, que produce una menor cantidad de lodos, siendo la adsorción y el puente Inter particular el principal mecanismo de acción para desestabilizar las partículas suspendidas.

Referencias

- Andía Cárdenas, Y. (2000). Tratamiento de agua coagulación y floculación.
- Aroni Contreras, J. E., & Sánchez Anderson, M. (2009). *Utilización de la harina de haba (Vicia faba) como coagulante natural para la remoción de la turbidez en agua potable*. Obtenido de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/17992>
- Barrenechea Martel, A. (n.d.). *COAGULACIÓN*.
- Bravo, M. A. (2017). Coagulantes Y Floculantes Naturales Usados En La Reducción De Turbidez, Sólidos Suspendidos, Colorantes Y Metales Pesados En Aguas Residuales. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Bustamante, R. (24 de 09 de 2017). *En buenas manos*. Obtenido de Beneficios y propiedades de los taninos.: <https://www.enbuenasmanos.com/propiedades-de-los-taninos>.
- Centro Nacional de Alimentación y Nutrición Instituto Nacional de Salud. (2009). Tablas de composición de alimentos. In *Revista de enfermería (Barcelona, Spain)* (Vol. 6, Issue 56).
- Choque Quispe, D., Choque Quispe, Y., Solano Reynoso, A., & Ramos Pacheco, B. (2018). Capacidad floculante de coagulantes naturales en el tratamiento de agua. *Tecnología Química*, 38(2), 298–309. <https://doi.org/10.1590/2224-6185.2018.2>.
- Chun-yang, Y. (2010). Uso emergente de coagulantes de origen vegetal para el tratamiento de aguas residuales. *Bioquímica de Procesos*, 45, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2010.05.030>
- Colca, W. (2014). *Efecto del tratamiento térmico sobre la solubilidad proteica, el Índice de Ureasa y la composición química del Haba (Vicia Faba L.) INIA 423 Blanca Gigante Yunguyo*. 1–13.
- Crepon, K., Marget, P., Peyronnet, C., Carroue, B., & C, P. A. (2010). Valor nutricional del frijol faba (Vicia faba L .) semillas para piensos y alimentos. *ELSEVIER*, 115, 329–339.
- Daroch Salazar, E. S. (2002). Sustitución parcial de la harina de pescado por harina de haba (Vicia faba var. minor (Harz) Beck) en la formulación de alimento para salmónidos. *Universidad Austral de Chile*, 1–118. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2002/fad224s/doc/fad224s.pdf>
- DIGESA. (1995). Parámetros organolépticos. *GESTA AGUA*, 1, 145.
- García, B. (2007). Metodología de extracción in situ de coagulantes naturales para la clarificación de agua superficial. *Ysirim*, http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/12458/Tesis_de_Master_BEATRIZ_GARCIA_FAYOS.pdf?sequence=1
- Guzmán, L., & Villabona, Á. (2013). Reducción de la turbidez del agua usando coagulantes naturales: una revisión. *Revista U.D.C.A*, 16(1), 253–262. <https://doi.org/10.31910/rudca.v16.n1.2013.881>
- Huamán, C., & Jaimes, H. (2019). Metodología de superficie de respuesta en la eficiencia de remoción de turbidez de agua empleando almidón de pituca (colocassia esculenta) como auxiliar de coagulación. *Universidad Peruana Unón*, 1–131. https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/UPEU/2079/Claudia_Tesis_Licenciatura_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Huaroma Romero, H. W. (2016). Determinación de los parámetros hidráulicos en la floculación orto cinética utilizando la vicia faba, para la remoción de la turbiedad del Rio Monterrey - 2016. In *Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo"* (Vol. 0).
- INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACION Y EXTENSION AGRARIA. (2004). *Cultivo del Haba en el Perú*. 52.
- Kuki, D., Vasi, M., & Tepi, A. (2015). *Ecológico Ingeniería Extractos de haba (Vicia faba L.) semillas como coagulantes naturales*. 84, 229–232. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2015.09.008>.
- Leyva Barzola, G. R. (2015). Efecto de la harina de haba (Vicia faba L.) sobre las propiedades reológicas y calidad de pastas alimenticias. *Universidad Nacional Del Centro Del Centro De Posgrado*, 10–11.
- Loreto Suay, L., & Feran Ballester, D. (2002). Revisión de los estudios sobre la exposición al aluminio y enfermedad de alzheimer. *Salud Publica*, 14. <http://scielo.isciii.es/pdf/resp/v76n6/colabora.pdf>
- Martínez, D., Chávez, M., & Díaz, A. (2003). PERFORMANCE OF CACTUS LEFARIA TO USE LIKE COAGULATING IN THE WATER CLARIFICATION. *SciELO*, 5.
- Mendoza, I., Fernández, N., & Ettiene, G. (2000). Uso de la Moringa oleifera como coagulante en la potabilización de las aguas Use of Moringa oleifera as coagulant in the water treatment. *Ciencia* 8, 8(August), 235–242.
- Meza Leones, M., Riaños Donado, K., Mercado Martínez, I., & Oliviero Verbel, R. (2018). *Evaluación del poder coagulante del sulfato de aluminio y las semillas de Moringa oleifera en el proceso de clarificación del agua de la ciénaga de Malambo- Atlántico Evaluation of the coagulant power of aluminum sulfate and Moringa oleifera seeds in the c. 17(2)*, 9.
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2019). *Encuesta Nacional de Intenciones de Siembra 2019 DEL HABAS*. 99.
- Moreno Bandala, V. M. (2005). *Utilización de diferentes porcentajes (10, 20, 30 %) de haba (Vicia faba) de desecho en la dieta para borregos de engorda*.
- Nadal, C. (2005). *Faba bean (Vicia faba L.) Genetic Resources, Chromosome Engineering and Crop Improvement Grain Legumes*. Singapore: Boca raton .
- OAS. (5 de 02 de 2011). *Clarification using plants and plant material*. Obtenido de <http://www.oas.org/DSD/publications/Unit/oea59e/ch22.htm>
- Organización Mundial de La Salud. (2011). Guías para la calidad del agua de consumo humano. Cuarta edición. Incorpora la primera adenda. *Organización Mundial de La Salud*, 608. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272403/9789243549958-spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ortiz, Á. V., Cristina, I., Astudillo, P., & García, J. M. (2013). Caracterización de la Opuntia ficus-indica para su uso como coagulante natural. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 15(1), 137–144.
- Okuofu, S. A. (2007). *Coagulation of low turbidity surface waters with Moringa oleifera seeds*. International Journal of Environmental Studies.
- Parada Acevedo, A. M. (2019). *USO DE SEMILLAS DE MORINGA (MORINGA OLEÍFERA) COMO FLOCULANTE NATURAL PARA LA PURIFICACIÓN DE AGUAS CRUDAS DE RIO NEGRO, RIO DE ORO Y QUEBRADA FLORIDABLANCA, SANTANDER*. 4(1), 75–84. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.126.1.78>
- Pardo, S. B., Karina, D., & Moncada, V. (2020). Evaluación de coagulantes naturales en la clarificación de aguas. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 11(1), 105–116.
- Rajput, S. K., Bapat, K. N., & Choubey, S. (2012). *Biorremediación: forma natural para el tratamiento del agua* *Revista de Investigación Biológica y Química*. 4973(86).
- Sánchez, M., Heredia, B., & Hernández, S. (2010). Surface water and wastewater treatment using a new tannin-based coagulant. *SEDAPAL*, 44. Barrenechea Martel, A. (2004). *COAGULACIÓN*.
- Solis Silvan, R., Laines Canepa, J. R., & Hernández Barajas, J. R. (2012). Mezclas con potencial coagulante para clarificar aguas superficiales. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 28(3), 229–236.
- Satterfield, Z. (n.d.). *Turbidity Control*.
- Ttito Surco, R. M. (2018). *Evaluación de la eficacia de tres variedades de papa (Solanum tuberosum) como auxiliar del sulfato de aluminio en el tratamiento de agua para consumo humano en condiciones altoandinas, 2018*.
- Tunco Cabana, S. V. (2019). Eficacia de la harina de haba (Vicia faba) como ayudante de coagulación del sulfato de aluminio en el tratamiento de agua para consumo humano. *Universidad Peruana Unón*, 1–24. UPCT. (n.d.). *ANALISIS DE AGUAS*. 46.
- UPCT. (n.d.). *ANALISIS DE AGUAS*. 46.