



La investigación, su esencia y arte.

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS

TESIS

USO DE LA HARINA DE TARWI (*Lupinus mutabilis*) EN LA REDUCCIÓN DE LA TURBIDEZ PARA EL TRATAMIENTO DEL AGUA POTABLE DEL DISTRITO DE PAMPAS

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero en Industrias Alimentarias

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

CARACTERIZACIÓN DE MATERIAS PRIMAS, PRODUCTOS Y SEGURIDAD ALIMENTARIA

OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE:

3. SALUD Y BIENESTAR y 6. AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO

CAMPO DE LA INVESTIGACIÓN Y EL DESARROLLO OCDE:

2.00.00 Ingeniería y tecnología – 2.11.00 Otras ingenierías, otras tecnologías

PRESENTADO POR:

PARIONA GUTIÉRREZ, Nilton Cesar

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0488-1653>

ASESORA:

Dra. BEJARANO LUJÁN, Dagnith Liz

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4354-8933>

CO-ASESORA:

Dra. CUSTODIO VILLANUEVA, María

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1994-010X>

Pampas - Perú

2024

"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"

"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

FACULTAD DE INGENIERÍA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS EN LA MODALIDAD PRESENCIAL PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS	
Expediente N° 15-2024-UNAT/FI-EPIIA	Página 1 de 1

En esta acta, se hace constar que en el auditorium de Estudios Generales de la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja "Daniel Hernández Morillo", ubicado en el distrito de Ahuaycha, provincia de Tayacaja, departamento Huancavelica, el día **16 de diciembre del 2024**, a las **11:00** horas, se reunieron los miembros del Jurado Calificador designados con Resolución de Comisión Organizadora N° 235-2023-CO-UNAT, de fecha 25 de julio del 2023, con el propósito de llevar a cabo el **Acto de Sustentación** de la tesis de Titulación Profesional:

"USO DE LA HARINA DE TARWI (*Lupinus mutabilis*) EN LA REDUCCIÓN DE LA TURBIDEZ PARA EL TRATAMIENTO DEL AGUA POTABLE DEL DISTRITO DE PAMPAS"




Dicha tesis ha sido presentada por el Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias **PARIONA GUTIERREZ NILTON CESAR**, asesorado por la docente **Dra. BEJARANO LUJAN DAGNITH LIZ**, adscrito al Departamento Académico de Ingeniería en Industrias Alimentarias.

Después de haber calificado el informe final de tesis, escuchada la sustentación y las respuestas a las preguntas formuladas por el Jurado, se le declara¹: Aprobado, para optar el **Título Profesional de INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**, con la calificación de 16, que corresponde a la condición²: Bueno.

En consecuencia, la sustentante:

- Queda en condición de recibir el indicado Título Profesional, de conformidad con las normas legales, estatutarias y reglamentarias aplicables en materia del proceso de titulación profesional.
- NO queda en condición de recibir el indicado Título Profesional, de conformidad con las normas legales, estatutarias y reglamentarias aplicables en materia del proceso de titulación profesional.

Siendo las 12:30 horas del mismo día, mes y año, se da por concluido el Acto de Sustentación, firmando a continuación los intervinientes, en señal de conformidad de lo acontecido y consignado.

	
Dr. TAMARA TAMARIZ STALEIN JACKSON Presidente	Dra. PANTOJA TIRADO LUCIA RUTH Miembro
	
Dra. BEJARANO LUJAN DAGNITH LIZ Asesor	

1. Indicar: Aprobado y/o Desaprobado.
2. Indicar: Excelente, Muy Bueno, Bueno, Regular y/o Desaprobado.

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD N° 048-2024

EL DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE TAYACAJA DANIEL HERNÁNDEZ MORILLO, QUIEN SUSCRIBE:

HACE CONSTAR:

Que la tesis titulado: "USO DE LA HARINA DE TARWI (*Lupinus mutabilis*) EN LA REDUCCION DE LA TURBIDEZ PARA EL TRATAMIENTO DEL AGUA POTABLE DEL DISTRITO DE PAMPAS", desarrollado por el estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias **PARIONA GUTIÉRREZ NILTON CESAR**, asesorado por la **DRA. BEJARANO LUJÁN, DAGNITH LIZ**, cumple con los requisitos de conformidad de originalidad mediante (*software Anti plagio Turnitin*), evidenciándose en el informe de originalidad un porcentaje de similitud de diecinueve (19%), el cual se encuentra dentro del parámetro establecido por la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo.

Se expide la presente constancia para los fines que estime conveniente.

Pampas, 10 de diciembre de 2024



Dr. Gino Paul Prieto Rosales
Director de la Unidad de Investigación
de la Facultad de Ingeniería

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a todas las personas que han sido parte de este proceso.

A mis padres, por su amor incondicional, su apoyo constante y por haberme dado la oportunidad de alcanzar este logro. Sin su sacrificio y confianza en mí, nada de esto habría sido posible.

A mi asesora Dra. Dagnith Liz, Bejarano Luján, co-asesora Dra. María Custodio Villanueva y Dr. Ricardo Paredes por su tiempo, paciencia, orientación y valiosas sugerencias a lo largo de este trabajo. Su conocimiento y experiencia han sido fundamentales para el desarrollo de esta investigación.

Al Lic. José Velit, responsable de la Planta de tratamiento de agua potable, Pampas - Tayacaja y a los operadores de la PTAP por facilitarme el acceso.

Asimismo, expreso mi agradecimiento a la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja (UNAT) por la confianza depositada al otorgarme la subvención económica para la realización de mi proyecto de tesis, este apoyo representó un respaldo para seguir contribuyendo al desarrollo del conocimiento científico.

A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento.

DEDICATORIA

A mis padres (Ramón y Hermelinda), hermanas y hermanos por su apoyo incondicional, por enseñarme el valor del esfuerzo, dedicación y perseverancia. A mi futura esposa Yheraldy, por estar a mi lado en cada etapa de este camino. A mi asesora Dra. Dagnith Liz Bejarano Luján y co-asesora Dra. María Custodio Villanueva, quienes me guiaron y compartieron su conocimiento.

Esta tesis es para ustedes, quienes han sido mi inspiración y fortaleza a lo largo de este viaje.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	i
DEDICATORIA	ii
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
2.1 Antecedentes.....	4
2.2 Bases teóricas.....	7
2.2.1 <i>Desarrollo sostenible</i>	7
2.2.1.1 Objetivos de desarrollo sostenible.	7
2.2.2 <i>Aguas superficiales</i>	8
2.2.3 <i>Agua potable</i>	8
2.2.4 <i>Estándares de calidad del agua</i>	9
2.2.5 <i>Parámetros fisicoquímicos del agua</i>	10
2.2.5.1 Turbidez.	10
2.2.5.2 pH.....	11
2.2.5.3 Conductividad eléctrica (CE).....	11
2.2.5.4 Temperatura.	11
2.2.6 <i>Procesos de coagulación floculación</i>	11
2.2.6.1 Biocoagulación.	12
2.2.6.2 Floculación.....	12
2.2.6.3 Coagulación.	12
2.2.6.4 Mecanismo de coagulación.....	13
2.2.7 <i>Etapas de coagulación</i>	15
2.2.8 <i>Tipos de coagulación</i>	15
2.2.8.1 Coagulación por adsorción.	16
2.2.8.2 Coagulación por barrido.	16

2.2.9	<i>Elementos que influyen en la coagulación</i>	17
2.2.9.1	Temperatura	17
2.2.9.2	Cantidad óptima	17
2.2.9.3	pH óptimo	18
2.2.9.4	Mezcla y aplicación	19
2.2.10	<i>Clasificación de coagulantes</i>	19
2.2.10.1	Coagulantes inorgánicos	19
2.2.10.2	Coagulantes orgánicos	20
2.2.11	<i>Parámetros de control de la calidad del agua</i>	20
2.2.12	<i>Tarwi (Lupinus mutabilis)</i>	22
2.2.12.1	Descripción botánica	23
2.2.12.2	Composición química del Tarwi	23
2.2.12.3	Estudio taxonómico	24
2.2.13	<i>Prueba de jarras</i>	24
2.3	Marco conceptual	25
2.3.1	<i>Turbidez</i>	25
2.3.2	<i>Coloide</i>	25
2.3.3	<i>Coagulación</i>	25
2.3.4	<i>Floculación</i>	25
2.3.5	<i>Cantidad de coagulante</i>	25
2.3.6	<i>Sedimentación</i>	26
III.	METODOLOGÍA	27
3.1	Tipo de Investigación	27
3.2	Diseño de investigación	27
3.3	Población y muestra	28
3.3.1	<i>Población</i>	28
3.3.2	<i>Muestra</i>	29

3.3.3	<i>Muestreo</i>	30
3.4	Identificación y Operacionalización de Variables	30
3.4.1	<i>Identificación de Variables</i>	30
3.4.2	<i>Unidad experimental</i>	31
3.5	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	33
3.5.1	<i>Técnica de recolección de datos</i>	33
3.5.1.1	Observación experimental.	33
3.5.1.2	Análisis de campo.	33
3.5.1.3	Análisis preliminar del estudio.	33
3.5.1.4	Experimentación.	35
3.5.2	<i>Instrumentos de recolección de datos</i>	35
3.5.2.1	Proceso de recolección de muestra de agua.	35
3.5.2.1.1	<i>Ubicación del efluente – PTAP Pampas.</i>	35
3.5.2.1.2	<i>Recojo de muestra de agua al ingreso de la PTAP – Pampas.</i>	36
3.6	Procedimiento de la obtención de harina de tarwi	36
3.6.1	<i>Recolección de muestras de tarwi (Lupinus mutabilis)</i>	36
3.6.2	<i>Acondicionamiento previo y obtención de harinas de tarwi (Lupinus mutabilis)</i>	37
3.6.3	<i>Descripción del diagrama de flujo de obtención de harinas de tarwi</i>	38
3.7	Caracterización fisicoquímica de las harinas de tarwi (<i>Lupinus mutabilis</i>)	39
3.7.1	<i>Determinación de materia grasa</i>	39
3.7.2	<i>Determinación de humedad</i>	40
3.8	Prueba de jarras	40
3.8.1	<i>Ambientes de trabajo</i>	40
3.8.2	<i>Equipos, reactivos y materiales utilizados</i>	41
3.8.3	<i>Preparación de la cantidad de coagulante utilizado y proceso de coagulación.</i>	42

3.8.4	<i>Fase de sedimentación</i>	42
3.8.5	<i>Etapa de filtrado</i>	43
3.9	Métodos estadísticos para el análisis de los datos	43
IV.	RESULTADOS	44
4.1	Caracterización fisicoquímica de la harina de tarwi.....	44
4.2	Caracterización del agua que ingresa a la planta de tratamiento	44
4.2.1	<i>Resultados de turbidez residual</i>	45
4.2.2	<i>Resultados de disminución de turbidez</i>	48
4.2.3	<i>Resultados de pH residual en muestras de agua colectado al ingreso a la PTAP – Pampas tratadas con diferentes cantidades de harinas de tarwi</i>	49
4.2.4	<i>Resultados de conductividad residual en muestras de agua colectados al ingreso de la PTAP – Pampas tratadas con diferentes cantidades de harinas de tarwi</i>	52
V.	DISCUSIÓN	54
VI.	CONCLUSIONES	57
VII.	RECOMENDACIONES	58
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	59
IX.	ANEXOS	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Límite máximo permisible de Parámetros de Calidad Organoléptica del agua ...	10
Tabla 2 Identificación de contaminantes en el agua	20
Tabla 3 Características físicas del agua	21
Tabla 4 Aspectos químicos del agua.....	21
Tabla 5 Propiedades químicas del tarwi (<i>Lupinus mutabilis</i>).....	23
Tabla 6 Clasificación Taxonómica del tarwi.....	24
Tabla 7 Diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con arreglo factorial	28
Tabla 8 Operacionalización de variables de estudio	31
Tabla 9 Cantidad de harina de tarwi para las dos variedades aplicadas por niveles de turbidez de agua.....	34
Tabla 10 Parámetros para la medición de muestra de agua que ingresa a la PTAP – Pampas.....	34
Tabla 11 Ubicación del lugar de recolección de la muestra de agua que ingresa a la PTAP– Pampas.....	35
Tabla 12 Proceso de recolección de las muestras del agua que ingresa a la PTAP – Pampas.....	36
Tabla 13 Materiales, equipos y reactivos empleados en la prueba test de jarras.....	41
Tabla 14 Configuración del equipo para en ensayo test de jarras.....	42
Tabla 15 Caracterización fisicoquímica del coagulante natural	42
Tabla 16 Caracterización fisicoquímica del agua colectada (sin tratamiento) que ingresa a la PTAP - Pampas	45
Tabla 17 Efecto de las cantidades de coagulante en el agua colectada al ingreso de la PTAP – Pampas con niveles de turbidez.....	46
Tabla 18 Análisis de varianza de la turbidez residual del agua colectada que ingresa a la PTAP – Pampas con niveles de turbidez.....	47
Tabla 19 Análisis de Tukey de la turbidez residual del agua que ingresa a la PTAP – Pampas con niveles de turbidez diferentes.....	48
Tabla 20 Análisis de varianza de eficiencia de reducción de turbidez del agua al ingreso de la PTAP – Pampas con niveles de turbidez diferentes	48
Tabla 21 Análisis de Tukey de reducción de turbidez del agua al ingreso de la PTAP – Pampas con niveles de turbidez diferente	49
Tabla 22 Efecto de la cantidad de coagulante en el pH del agua al ingreso de la PTAP – Pampas con niveles de turbidez diferentes.....	50

Tabla 23 <i>Análisis de varianza de pH residual del agua colectada al ingreso de la PTAP – Pampas con niveles de turbidez diferentes</i>	51
Tabla 24 <i>Análisis de Tukey de pH residual del agua colectada de las fuentes de captación a la entrada de la PTAP – Pampas con niveles de turbiedad</i>	51
Tabla 25 <i>Efecto de la cantidad de coagulante sobre la conductividad del agua colectada al ingreso de la PTAP – Pampas con niveles de turbiedad diferentes</i>	52
Tabla 26. <i>Análisis de varianza de conductividad residual del agua colectada al ingreso de la PTAP – Pampas con niveles de turbidez diferentes</i>	53
Tabla 27. <i>Análisis de Tukey de conductividad residual del agua colectada al ingreso de la PTAP – Pampas con niveles de turbidez diferentes</i>	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Estructura de mecanismo de coagulación</i>	13
Figura 2 <i>Estructura de etapas de coagulación</i>	15
Figura 3 <i>Coagulación por adsorción</i>	16
Figura 4 <i>Coagulación por barrido</i>	17
Figura 5 <i>Zonas al aplicar una dosis de coagulante</i>	18
Figura 6 <i>Tarwi (Lupinus mutabilis)</i>	22
Figura 7 <i>Agua proveniente de los riachuelos (Ustuna, Totorá, San Carlos) al ingreso de la PTAP - Pampas</i>	29
Figura 8 <i>Colecta de muestras de agua</i>	29
Figura 9 <i>Esquema experimental del proceso para evaluar el potencial de la harina de dos variedades de tarwi (Lupinus mutabilis) en la disminución de turbidez del agua que ingresa a la PTAP Pampas</i>	32
Figura 10 <i>Colecta de semillas de dos variedades de tarwi de la comunidad campesina de Pachahuasi - Ahuaycha</i>	38
Figura 11 <i>Diagrama de flujo para la obtención de harina desgrasada de tarwi</i>	38
Figura 12 <i>Equipo test de jarras</i>	41

RESUMEN

En el Perú el 90,8% de la población tiene acceso a agua por red pública. Sin embargo, la cantidad de usuarios que accede a agua potable es menor al 70%. Según el INEI en el 2020 apenas el 20% de la población de la región Huancavelica tuvo acceso a agua potable, aunado a ello la desnutrición y anemia persisten en niños menores de 5 años, 21,5% y 19,1%, respectivamente, en lo que va del presente año, poniendo en evidencia que estos problemas graves de salud podrían disminuirse si en la provincia se tuviera acceso a un agua de calidad. El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de diferentes cantidades de harinas de tarwi (*Lupinus mutabilis*) coagulante natural sobre la turbiedad y características del agua recolectadas al ingreso de la PTAP del distrito de Pampas. Para la parte experimental se colectó muestras de agua al ingreso de la PTAP del distrito de Pampas con diferentes niveles de turbiedad (M1, M2, M3), utilizándose el test de jarras para evaluar la remoción de turbiedad del agua; igualmente se recolectó semillas de Tarwi (*Lupinus mutabilis*) de dos variedades para la obtención de harina de tarwi y aplicar como agente coagulante en dosis 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0 g. Las características fisicoquímicas evaluadas en muestras de agua fueron turbidez, pH, conductividad y temperatura. Se empleó un diseño de bloques con arreglo factorial utilizándose el software Minitab versión 19.0. El tratamiento con harinas de tarwi mostró diferencia significativa ($p < 0,05$) para la interacción cantidad del coagulante por turbidez del agua, similar situación se observó para la conductividad eléctrica. No se observaron diferencias para pH y T° del agua colectada. El estudio evidenció potencial en la reducción de turbidez del agua colectada al ingreso de la planta de tratamiento de agua del distrito de Pampas, utilizándose diferentes cantidades de harinas de tarwi, obteniéndose una eficiencia de remoción de turbidez para la variedad blanca 78,3% y para la variedad chaleco 73,2%.

Palabras clave: Harina de tarwi, coagulación, remoción de turbidez, tarwi (*Lupinus mutabilis*) test de jarras.

ABSTRACT

In Peru, 90.8% of the population has access to water through a public network. However, the number of users who have access to drinking water is less than 70%. According to the INEI, in 2020 only 20% of the population of the Huancavelica region had access to drinking water, in addition to this, malnutrition and anemia persist in children under 5 years of age, 21.5% and 19.1%, respectively, so far this year, showing that these serious health problems could be reduced if the province had access to quality water. The objective of this research was to evaluate the effect of different quantities of tarwi flour (*Lupinus mutabilis*), a natural coagulant, on the turbidity and characteristics of the water collected at the entrance of the PTAP in the Pampas district. For the experimental part, water samples were collected at the entrance of the PTAP in the Pampas district with different levels of turbidity (M1, M2, M3), using the jar test to evaluate the removal of turbidity from the water; Tarwi seeds (*Lupinus mutabilis*) of two varieties were also collected to obtain tarwi flour and apply it as a coagulant at doses of 0.5; 1.0; 1.5; 2.0; 2.5; 3.0 g. The physicochemical characteristics evaluated in water samples were turbidity, pH, conductivity and temperature. A block design with factorial arrangement was used using the Minitab software version 19.0. The treatment with tarwi flour showed a significant difference ($p < 0.05$) for the interaction of the amount of coagulant by water turbidity, a similar situation was observed for electrical conductivity. No differences were observed for pH and T° of the collected water. The study showed potential for reducing turbidity in water collected at the entrance of the water treatment plant in the Pampas district, using different amounts of tarwi flour, obtaining a turbidity removal efficiency for the white variety of 78.3% and for the vest variety of 73.2%.

Keywords: Tarwi flour, coagulation, turbidity removal, tarwi (*Lupinus mutabilis*), jar test.

I. INTRODUCCIÓN

El servicio de saneamiento es un indicador clave en el desarrollo económico de los países que contribuyen a mitigar la pobreza. Por cada dólar estadounidense invertido en saneamiento, se generan retornos que oscilan entre 3 y 34 dólares (Hídricos, 2009). Siendo estos servicios herramientas valiosas para que el estado garantice salud, economía y calidad de vida de la población. En Perú, gran parte de la población (90,8%) tiene acceso al agua a través de la red pública (ARP). De manera similar, el alcantarillado sanitario está disponible aproximadamente para tres cuartas partes de la población nacional (INEI, 2019). En cuanto a la calidad del agua, menos del 70% de la población tiene acceso a agua potable. Aunque la mayoría de los peruanos puede acceder a este recurso a diario, solo un poco más de la mitad dispone de agua de manera continua, las 24 horas del día. (Alvarado y Marrache, 2021; INEI, 2020)

De acuerdo con el INEI (2020), entre abril de 2019 y mayo de 2020, el 90,8% de la población peruana (29,5 millones) tuvo acceso a agua de la red pública. En las áreas urbanas, el acceso fue del 94,8% mientras que, en las zonas rurales, solo alcanzó el 76,3%. Durante este periodo, 13 departamentos superaron el promedio nacional de acceso al agua potable, destacándose Moquegua (97,9%), Tacna (97,8%), Callao (97,6%) y Apurímac (96,9%). En comparación, las regiones con menor acceso a agua potable fueron: Puno (71,6%), Huánuco (73,1%), Ucayali (75,7%) y Tumbes (78,8%) y Loreto (56,3%). En el año 2019, el promedio de la población que tenía acceso a agua potable en todos los departamentos del Perú fue 68%. Las regiones que sobresalieron con porcentajes superiores al 85% fueron Callao (96,6%), Lima Provincias (96,1%), Arequipa (87,8%) y Tacna (87,8%). En contraste, menos del 30% de la población en Pasco (29,4%), Amazonas (27,2%), Cajamarca (22%) y Huancavelica (20%), logró acceder a agua aceptable para consumo humano (INEI, 2020).

La OMS, 2021 considera que la desnutrición y la anemia son patologías que podrían disminuirse mediante servicios de saneamiento de calidad. De acuerdo con la Red de Salud Tayacaja (RDST, 2024) la prevalencia de desnutrición en niños menores de 5 años en la provincia de Tayacaja ha permanecido alta en los últimos tres años: 21,2% en 2022, 21,5% en 2023 y 20% en el primer semestre de 2024. Además, la población vulnerable también presenta anemia, con tasas del 28,9% en 2022, 17,7% en 2023 y 19,1% en el primer semestre de 2024. Esto evidencia que estos serios problemas de salud podrían reducirse si la provincia contara con acceso a agua de calidad.

El monitoreo regular de la calidad del agua, en respuesta al incremento de la contaminación, debe ser una prioridad para la sociedad actual. La turbidez del agua, que

indica el crecimiento de microorganismos patógenos, es un parámetro importante del nivel de potabilidad del agua en diversas regiones del mundo (Putra et al., 2022). Las comunidades alto andinas se ven obligadas a consumir aguas superficiales de fácil acceso y de baja calidad debido al costo significativo de los agentes químicos para eliminar las partículas suspendidas en el agua, lo que las expone a diversas enfermedades transmitidas por el agua (Yimer & Dame, 2021). Estas aguas superficiales suelen presentar un alto grado de turbidez y requieren tratamientos convencionales, como la coagulación o floculación, para ser potabilizadas. Existen varios coagulantes sintéticos disponibles, siendo el sulfato de aluminio el más comúnmente utilizado (Carrizales y Enriquez, 2019).

En el distrito de Pampas, de la región Huancavelica, los riachuelos Ustuna, Totorá, San Carlos y Viña Azul son las fuentes superficiales más relevantes que utiliza la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) para el uso humano. Sin embargo, las condiciones naturales en la cuenca de estos riachuelos, como las lluvias, la presencia de materia orgánica en descomposición proveniente de hojas o desechos de animales, la deforestación y los vertidos de aguas residuales, tienden a variar las características químicas, físicas y microbiológicas del agua que llega a la PTAP del distrito de Pampas. Como resultado de estas causas, la turbidez, el color, conductividad y el pH del agua experimentan variaciones a lo largo del tiempo.

Debido a los problemas mencionados que genera la naturaleza, el valor de turbidez del agua potable de la PTAP del distrito de Pampas para la zona de distribución de consumo es 17 Unidad Nefelométrica de Turbidez (NTU) (PTAP, 2021), valor superior al límite máximo permisible, 5 NTU (DIGESA, 2010), siendo considerado un parámetro de cuidado para la salud de la población, afectando también la economía y biodiversidad de especies acuáticas existentes en el distrito.

Durante la remoción de partículas suspendidas en el agua, la clarificación es de vital importancia, eliminándose lodo, arcilla, limo y materia orgánica. La clarificación se logra utilizando agentes coagulantes y coadyuvantes de coagulación permitiendo una remoción significativa de material en suspensión, alrededor del 80 y 95% (Montenegro, 2021). Estos agentes funcionan desestabilizando los componentes de la suspensión al alterar las fuerzas que mantienen su estabilidad (Benarte y Romero, 2020). Sin embargo, el coagulante más comúnmente utilizado ha generado controversias debido a su toxicidad. Investigaciones indican que el residuo de aluminio que queda en el agua tras el tratamiento puede estar relacionado con la aparición de la enfermedad de Alzheimer (Tijjani et al., 2023; Chua et al., 2020). Además de los efectos en la salud, este proceso genera una cantidad considerable

de lodo a base de aluminio, lo que tiene un impacto ecotoxicológico en los organismos vivos (Tijjani et al., 2023).

Los efectos negativos asociados a los coagulantes químicos han impulsado la búsqueda de alternativas naturales que sean no tóxicas, de bajo costo, disponibles localmente, amigables con el medio ambiente y fáciles de implementar (Tijjani et al., 2023; Chua et al., 2020). El tarwi (*Lupinus mutabilis*) es una leguminosa que se cultiva ampliamente en la región Huancavelica y se destaca por presentar alto contenido de proteínas (41,20%) y carbohidratos (30,88%) en su estado amargo (Zabaleta, 2018). Se ha propuesto el tarwi como un coagulante alternativo en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la industria láctea (Jaramillo, 2020). Sin embargo, hay pocos estudios que investiguen el uso de harinas de tarwi específicamente para reducir la turbidez del agua destinada al consumo humano, lo que hace necesario explorar el comportamiento de diferentes cantidades de harinas de tarwi.

En este contexto surgió la **pregunta** ¿Cuál será el efecto de diferentes cantidades de harina de tarwi (*Lupinus mutabilis*) sobre la turbidez y características del agua que ingresa a la PTAP del distrito de Pampas? El **objetivo general** de esta investigación fue evaluar el efecto de diferentes cantidades de harina de tarwi (*Lupinus mutabilis*) sobre la turbidez y características del agua que ingresa a la PTAP del distrito de Pampas. Asimismo, se planteó los siguientes **objetivos específicos**: (1) Determinar la turbidez y características del agua que ingresa a la PTAP del distrito de Pampas. (2) Determinar la influencia de las cantidades del coagulante (*Lupinus mutabilis*) en la reducción de turbidez del agua que ingresa a la PTAP del distrito de Pampas. (3) Evaluar la variación de los parámetros fisicoquímicos del agua (turbiedad, pH, conductividad y temperatura) al utilizar diferentes cantidades de harina de tarwi (*Lupinus mutabilis*) en la reducción de la turbidez del agua que ingresa a la PTAP del distrito de Pampas. La **hipótesis general** de esta investigación se presentó de la siguiente forma: Si, es posible la remoción de turbidez del agua que ingresa a la PTAP del distrito de Pampas utilizando diferentes cantidades de harina tarwi (*Lupinus mutabilis*). Asimismo, se planteó las **hipótesis específicas**: (1) Las diferentes cantidades de harina de tarwi presentan características potenciales en la reducción de turbidez del agua que ingresa a la PTAP del distrito de Pampas. (2) Las diferentes concentraciones de harina de tarwi (*lupinus mutabilis*) influyen significativamente en el porcentaje de reducción de turbidez del agua que ingresa a la PTAP del distrito de Pampas.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Se carece de antecedentes sobre el uso de harina de tarwi (*Lupinus mutabilis*) en la reducción de la turbidez del agua potable o apta para el suministro humano. Sin embargo, la literatura científica incluye investigaciones relacionadas con el uso de taninos del tarwi en el tratamiento de aguas residuales de la industria láctea. Jaramillo (2020) en su investigación **“Análisis de la efectividad de coagulantes a base de taninos para el tratamiento de aguas residuales procedentes de la industria láctea”**, utilizó semillas de guarango y tarwi (*Lupinus mutabilis*), las cuales presentaron un elevado contenido de taninos, siendo adecuadas para la formulación de biocoagulantes. Proponiéndose como una alternativa amigable y menos contaminante en el tratamiento de aguas residuales de la industria láctea. En su investigación, se evaluó el poder de remoción utilizando parámetros como turbidez, demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) y sólidos totales (STT), determinando una dosis óptima de 1 mL de biocoagulante a través de prueba de jarras. Los resultados más sobresalientes fueron: remoción de turbidez 94,84%, reducción 21,07% en la DQO, 76,57% en la DBO5 y 30,8% en los STT al utilizar el biocoagulante de guarango. En comparación, el tarwi (*Lupinus mutabilis*) alcanzó 87,2% de remoción de turbidez; 35,06% DQO; 76,54% DBO5 y 21,98% en los STT. La remoción se logró en un ambiente pH ácido, debido al tipo de agua residual y el proceso de coagulación por barrido. En conclusión, el biocoagulante de guarango mostró una mayor eficiencia.

La literatura científica también relata trabajos de investigación relacionado al uso de otras leguminosas como coagulante natural. Chua et al. (2020) en su estudio titulado **“Residuos de lentejas como nuevo coagulante natural para el tratamiento de aguas residuales agrícolas”**, tuvieron como objetivo aplicar una solución sostenible empleando desechos de lentejas como coagulante orgánico para eliminar la turbidez y (DQO) en el proceso de depuración de aguas residuales agrícolas. La eficiencia de los coagulantes extracto de lenteja (LE), extracto de injerto de lenteja (LE-g-DMC) y sulfato de aluminio (alumbre) se optimizó a través de la metodología de superficie de respuesta. Se usó un diseño Box-Behnken de tres niveles para visualizar estadísticamente las interacciones pH, concentración de coagulantes y tiempo de sedimentación. Utilizando LE como coagulante orgánico se logró un resultado significativo de turbidez 99,55% y remoción de DQO 79,87% a pH 4, concentración LE 88,46 mg/L y tiempo de sedimentación 6,9 minutos, mientras que con LE-g-DMC se logró una disminución significativa de turbidez 99,83% y remoción DQO 80,32% a pH 6,7 concentración LE-g-DMC 63,08 mg/L y tiempo de sedimentación 5

minutos. Se requirió LE-g-DMC en aproximadamente 30% menos de concentración en comparación con el alumbre. Además, los coagulantes, LE y LE-g-DMC en comparación con el alumbre requirieron menor tiempo de sedimentación 75% y 65% respectivamente. Tanto LE como LE-g-DMC formaron flóculos con excelente capacidad de sedimentación (5,77 mg/L y 4,48 mg/L) y un volumen significativamente menor de lodo (10,60 mL/L y 8,23 mL/L) en comparación con el alumbre.

Al-Wasify et al. (2023) en su estudio “**Evaluación del potencial de las semillas de maní (*Arachis hypogea*) sin aceite para el tratamiento de aguas superficiales: una alternativa sostenible a los coagulantes químicos**”, destacan que los coagulantes orgánicos son económicos, no tóxicos y biodegradables, constituyendo una alternativa efectiva a los compuestos químicos. El estudio tuvo como objetivo investigar el potencial de las pepitas de maní sin aceite como compuesto coagulante orgánico en la clarificación de aguas superficiales, comparando su eficacia con la del alumbre, un coagulante químico ampliamente utilizado. Para ello, se utilizaron diez muestras de agua superficial del río Nilo en la región del Gran Cairo, tratándolas con semillas de maní y alumbre. Se midieron parámetros como turbiedad, demanda química de oxígeno (DQO), recuento bacteriano total (TBC), *Escherichia coli* y enterococos para evaluar la eficiencia de coagulación de ambos coagulantes.

Los resultados mostraron poca diferencia en la eliminación de partículas suspendidas en el agua, puesto que las semillas de maní lograron una eliminación del 75,4% a 85,0%, mientras que el alumbre superó el 90,0%. Se observó mayor diferencia en la eliminación de DQO, las semillas de maní exhibieron una tasa de eliminación de 41,7 a 53,2%, en comparación con el alumbre 92,3%. Con respecto a la eficiencia de eliminación de bacterias, el alumbre demostró un rendimiento ligeramente superior (60,0 a 70,0%) en comparación con las semillas de maní (aproximadamente 50,0%). En conclusión, las semillas de maní desgrasadas representaron un coagulante alternativo respetuoso y asequible con el medio ambiente en el tratamiento de aguas superficiales.

Gómez y Medina (2021) en su investigación “**Determinación de la capacidad coagulante de las semillas de papaya (*Carica papaya*) para la remoción de turbidez en el tratamiento de aguas superficiales**”, utilizó semillas de papaya como coagulante con el único propósito de mejorar la pureza del agua del río Daule, en el cantón Guayaquil. El estudio evaluó la capacidad coagulante de estas semillas a través de pruebas de tratamiento, identificando las dosis óptimas para la remoción de turbidez y comparando su eficacia con el sulfato férrico al 50%, uno de los coagulantes químicos más utilizados. Se acondicionaron

las semillas hasta obtener un coagulante en polvo. Fueron realizados seis tratamientos mediante agitación magnética, con muestras de agua aplicando dosis 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 y 0,6 g del coagulante en polvo, para análisis de turbidez, SST, color y pH previo al inicio y al finalizar el proceso de coagulación. Fue evidenciado que la dosis 0,5 g del biocoagulante redujo la turbidez 170 NTU para 0 NTU, SST 138 mg/L para 1 mg/L, color 550 Pt/Co para 4 Pt/Co, y pH 9,79 para 7,17. En comparación, al aplicar 1,58 g del coagulante comercial, la turbidez se redujo para 2 NTU, SST para 3 mg/L y color 101 Pt/Co. En conclusión, el biocoagulante (semillas de papaya) fue eficiente para el tratamiento del agua.

Bravo (2021) investigó el **“Uso de semilla de Moringa oleífera como biocoagulante natural para mejorar la calidad del agua proveniente del río Ahuashiyacu - Tarapoto”**, utilizó semillas de Moringa oleífera como coagulante orgánico para elevar la calidad de este recurso. El muestreo se realizó de forma aleatoria, registrando las características fisicoquímicas iniciales. Posteriormente, mediante test de jarras, se llevó a cabo el proceso de coagulación empleando el biocoagulante ecológico en dosis que variaron entre 40 mg/L y 140 mg/L. El procedimiento incluyó una mezcla acelerada a 100 rpm durante 1 min, seguida de una mezcla lenta a 40 rpm durante 10 min, y finalmente, sedimentó entre 5 a 29 min. La mayor eficacia en la reducción de turbidez alcanzó el 97,06% con una dosis efectiva de 100 mg/L, atribuida a la existencia de proteínas catiónicas diméricas. Además, se observó una reducción del color aparente 92,3%, mientras que pH y alcalinidad no mostraron variación significativa. El valor de dureza del agua disminuyó 12% respecto al valor original, sin embargo, conductividad eléctrica (CE) y sólidos totales disueltos (STD) aumentaron de forma significativa por la presencia de iones de NaCl en la solución del coagulante ecológico. En conclusión, la calidad del agua fue mejorada por el biocoagulante natural obtenido a partir de las semillas, proponiéndose como una alternativa eficaz, sostenible y amigable para el medio ambiente y su uso para el tratamiento del agua en la etapa de coagulación.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Desarrollo sostenible

Actualmente, el desarrollo sostenible es una prioridad global esencial, guiando las políticas y las agendas nacionales hacia un futuro más resiliente y consciente del medio ambiente (Khan et al., 2024). Frente a esta meta, los países enfrentan retos como el cambio climático, el aumento de las emisiones de CO₂, la generación de residuos, la urbanización acelerada y la contaminación derivada del uso de fuentes de energía que no son limpias. Si no se intensifican los esfuerzos para frenar la degradación ambiental, se estima que las emisiones de carbono podrían incrementarse en aproximadamente 50 % para 2050 (Khan et al., 2024). El concepto de desarrollo sostenible abarca la forma en que debemos vivir hoy para garantizar un futuro mejor, satisfaciendo las necesidades presentes sin poner en riesgo la capacidad de las futuras generaciones. Un desarrollo verdaderamente sostenible asegura empleo digno, servicios de salud y educación de calidad para todos, mientras que la empleabilidad de los recursos naturales minimiza la contaminación y evita daños irreversibles al medio ambiente. Además, las políticas públicas adoptadas en este marco aseguran que nadie quede excluido o sea discriminado (ONU, 2023).

2.2.1.1 Objetivos de desarrollo sostenible.

Los ODS constituyen un marco integral para lograr un futuro sostenible para todos. Estos objetivos están interconectados y abordan los desafíos globales que enfrentamos a diario, como la pobreza, la desigualdad, el cambio climático, la degradación de los ecosistemas, el desarrollo económico, la paz y la justicia social (ONU, 2023). En los últimos años, se han logrado progresos notables en la mejora de la salud pública, y 146 de 200 países han alcanzado o están en vías de cumplir el objetivo de reducción de mortalidad en menores de 5 años, hambre cero (ODS 2) (ONU, 2023). Sin embargo, una parte considerable de la población mundial carece aún de acceso a servicios sanitarios esenciales. Para garantizar esta atención es necesario abordar diversos determinantes de la salud, incluidos los factores ambientales y comerciales.

El acceso al agua potable, saneamiento e higiene es una necesidad humana fundamental para garantizar la salud y el bienestar. En los últimos años, la demanda de agua ha superado el crecimiento poblacional, y actualmente, la mitad de la población mundial experimenta una escasez considerable de agua durante al menos un mes al año (ONU, 2023). Para asegurar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible, así como el saneamiento para todos (ODS 6), los gobiernos deben incrementar la inversión en

infraestructura hídrica, capacitar, fomentar la innovación y mejorar la coordinación y cooperación multisectorial entre los actores involucrados.

El agua es esencial tanto para la vida como para múltiples actividades económicas, incluyendo la generación de energía, la agricultura, el consumo humano y la industria manufacturera. Según Benalia et al. (2024), el aumento de la urbanización y el crecimiento poblacional han incrementado la demanda global de agua, generando escasez en diversas regiones y representando una doble amenaza para el desarrollo económico, la salud pública, la seguridad alimentaria y la sostenibilidad ambiental. Además, la contaminación procedente de actividades industriales, agrícolas y el vertido de aguas residuales domésticas deteriora la calidad de los recursos hídricos. Por lo tanto, abordar la contaminación del agua se considera un reto ambiental fundamental, y desarrollar tecnologías de tratamiento de agua sostenibles y rentables es clave para enfrentar estos desafíos (Benalia et al., 2024).

2.2.2 Aguas superficiales

El agua superficial es el agua presente en la extensión de la Tierra, incluyendo humedales, ríos, arroyos, manantiales, lagos y lagunas. Esta agua se origina principalmente de la precipitación, ya sea en forma líquida o sólida, del deshielo de glaciares y del afloramiento de aguas subterráneas. Al estar expuesta, el agua superficial tiene un mayor contacto con la población y se utiliza en diversas actividades cotidianas, como la agricultura, acuicultura, ganadería y procesos industriales. Dado que la población depende en gran medida de esta fuente de agua para satisfacer sus necesidades diarias, es crucial monitorear su calidad (Asociación Nacional del Agua [ANA], 2020)

2.2.3 Agua potable

El agua se considera potable cuando es segura para el consumo humano, cumpliendo con normas de calidad derivadas de patrones toxicológicos y epidemiológicos y criterios estéticos. Si bien el agua puede provenir de diversas fuentes, debido a la variabilidad de contaminantes y niveles de contaminación, es crucial evaluar las propiedades físicas, químicas y microbiológicas previo a sus usos como agua potable. Este recurso es vital para nuestra vida, es fundamental que los usuarios tengan acceso a un suministro satisfactorio, y los proveedores deben esforzarse por ofrecer agua con estándares de mejor calidad, según las normas creadas por cada país (Charapaqui, 2023).

2.2.4 Estándares de calidad del agua

A lo largo del tiempo la calidad del agua ha variado significativamente resultando en un deterioro considerable debido a la contaminación de riachuelos, ríos y arroyos por parte de la población y grandes empresas. Siendo afectado por falta de medidas de mitigación para contrarrestar los impactos de actividades como los relaves mineros, la ganadería y la agricultura. Además, la incapacidad de las plantas de tratamiento para manejar eficazmente el gran volumen de material acumulado contribuye a la situación. Los supervisores de agua a menudo no consideran los daños que los coagulantes químicos causan a la población, exponiéndola a pequeñas partículas que pueden afectar su salud a largo plazo (Cañari y Leon, 2022)

El agua es esencial para la vida y es indispensable para diversas actividades económicas. Aproximadamente las tres cuartas partes de la superficie terrestre está cubierta por agua, de los cuales 2,5% es agua dulce y solamente 0,3% es de acceso para consumo humano, lo que convierte al agua en un recurso limitado en la actualidad (Charapaqui, 2023). La calidad del agua se evalúa según la naturaleza y concentración de contaminantes en relación con los reglamentos de calidad adecuadas para un uso específico (Un-Water, 2022). La población utiliza el agua para múltiples propósitos, como agua potable, actividades recreativas, riego de cultivos y abastecimiento de ganado, así como en procesos industriales, investigaciones científicas y educación (Charapaqui, 2023). Por lo tanto, la calidad del agua implica medir parámetros físicos, químicos y biológicos, analizar muestras, obtener datos cuantitativos e interpretar los resultados en función de las normas de calidad del agua según el uso previsto.

Tabla 1*Límite máximo permisible de Parámetros de Calidad Organoléptica del agua*

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
Turbidez	NTU	5
Color	UCV pt/co	15
pH	valor de pH	6,5-8,5
Solidos Disueltos Totales (SDT)	mg/L	1000
Conductividad (25 °C)	μS/cm	1500
Coliformes Totales	UFC/100 mL	0
Cloruros	mg/ L $Cl^- L^{-1}$	250
Sulfatos	mg/ L $SO_4^- L^{-1}$	250
Dureza Total	mg/ L $CaCO_3^- L^{-1}$	500
Hierro	mg/ L $Fe^- L^{-1}$	0,3
Manganeso	mg/ L $Mg^- L^{-1}$	0,4

Nota. Brincano y Rosario (2017).

2.2.5 Parámetros fisicoquímicos del agua

Brincano y Rosario (2017) indican que los atributos físicos del agua, que afectan la percepción sensorial, presentan un impacto directo en los criterios estéticos y de aceptabilidad del agua. Entre estos parámetros de medición se destacan turbidez, color, pH, olor, temperatura, partículas solubles e insolubles. Se describen los atributos fisicoquímicos del agua.

2.2.5.1 Turbidez.

La turbidez del agua se origina por la presencia de partículas en suspensión, como limo, plancton, materia orgánica y otros microorganismos, que impiden el paso de la luz. Este parámetro se mide en Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU), y el valor límite máximo permisible (LMP) para el agua potable es de 5 NTU DIGESA (2010), este límite es fundamental para decidir si el agua es adecuada para el consumo humano. La turbidez como indicador de la calidad del agua, en recursos hídricos naturales y residuales está relacionado con la materia coloidal y residual en suspensión. Los niveles elevados de turbidez pueden resguardar a los microorganismos de los efectos de la desinfección y favorecer la propagación de bacterias. Además, una alta turbidez está vinculada a concentraciones elevadas de virus, bacterias y parásitos que

pueden provocar enfermedades gastrointestinales. Por lo tanto, la turbidez es un parámetro crucial de la calidad microbiológica del agua y su capacidad para transmitir enfermedades, lo que hace necesario un monitoreo regular de este parámetro junto con otros determinantes para garantizar la seguridad del agua.

2.2.5.2 pH.

La medición del pH en el agua indica su naturaleza ácida o básica y es fundamental en diversos procesos químicos y biológicos. El pH mide la cantidad de iones hidronio (H⁺) en una muestra de agua y se utiliza para evaluar el nivel de acidez o basicidad de una solución. La escala de pH es logarítmica y abarca valores de 0 a 14, donde un pH 7 considerado neutro. Las aguas con pH inferior a 7 se clasifican como ácidas, mientras que aquellas con pH superior a 7 se consideran básicas o alcalinas (Charapaqui, 2023).

2.2.5.3 Conductividad eléctrica (CE).

Es un parámetro que mide la corriente eléctrica del agua, y está relacionado con la presencia de sólidos inorgánicos ionizados disueltos, como cloruros, nitratos, sulfatos, fosfatos, magnesio, calcio, sodio, hierro y aluminio. Además, la temperatura influye en la conductividad; a mayor temperatura del agua, mayor será su conductividad eléctrica. Por esta razón, la CE se reporta a una temperatura estándar de 25°C. La CE del agua proviene de la ionización de los sólidos inorgánicos disueltos, lo que la convierte en una medida de sólidos totales disueltos (STD) (Charapaqui, 2023).

2.2.5.4 Temperatura.

Es un parámetro importante, ya que influye significativamente en diversos procesos que afectan su calidad. Factores principalmente ambientales provocan variaciones continuas en la temperatura del agua, la cual generalmente ralentiza o acelera la actividad biológica, influye en la viscosidad, absorción de oxígeno, precipitación de compuestos, puede modificar la densidad, a temperatura elevada puede afectar las reacciones químicas y ciclos de vida de organismos acuáticos (Curipaco y Dueñas, 2021).

2.2.6 Procesos de coagulación floculación

Para garantizar la calidad del agua destinada al consumo humano, es fundamental llevar a cabo un proceso de potabilización, el cual se encarga de eliminar los contaminantes presentes. Este proceso varía según la cantidad de población y el nivel de desarrollo de cada región o país (Cañari y Leon, 2022).

2.2.6.1 Biocoagulación.

Los biocoagulantes, también conocidos como coagulantes ecológicos, tienen una relación positiva con el medio ambiente y garantizan opciones saludables y sostenibles en el proceso de purificación del agua, ya que no generan contaminación ni poseen toxicidad. Entre los compuestos bioactivos que se utilizan comúnmente se encuentran las proteínas, taninos, calcio, carbohidratos, polisacáridos y alcaloides. En los diferentes tratamientos del agua, potabilización, aguas residuales, industriales o superficiales, los biocoagulantes provocan la separación de los sólidos suspendidos, resultando en una cantidad mínima de lodos residuales en comparación con los agentes químicos (Cañari y Leon, 2022).

2.2.6.2 Floculación.

La floculación se emplea comúnmente en el tratamiento de aguas y efluentes industriales. En un medio acuoso, la mayoría de los sólidos o partículas en suspensión son de pequeño tamaño y poseen cargas negativas. Por lo tanto, es necesario agrupar estas partículas para generar flóculos con mayor tamaño, esto ayuda y acelera el proceso de sedimentación (Diver et al., 2023). También se refiere a la reunión de partículas desestabilizadas que se agrupan formando flóculos y esto provoca que sedimenten y posibilita la eliminación de aproximadamente el 80 al 90% de las moléculas coloidales y suspendidas durante el proceso de potabilización. Asimismo, este procedimiento contribuye en la eliminación de partículas suspendidas en el agua y parcialmente elimina el color, así como virus y bacterias (entre el 80 y el 95%) (Charapaqui, 2023)

2.2.6.3 Coagulación.

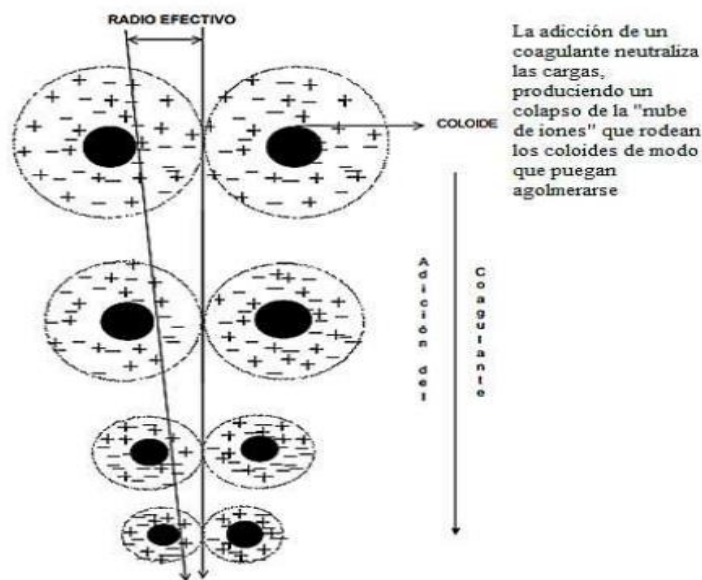
La coagulación se refiere al proceso de desestabilizar químicamente la materia suspendida en el agua cruda para que se unan y formen aglomerados más grandes conocidos como flóculos (Gandiwa et al., 2020). Consiste en la desestabilización de los coloides, eliminando las fuerzas que los mantenían dispersos en el medio. Esto implica la neutralización de las cargas eléctricas en la superficie de las partículas coloidales mediante la incorporación de un reactivo químico llamado coagulante. Estos coagulantes contienen iones cargados positivamente, como Al^{3+} o Fe^{3+} , que neutralizan las cargas negativas de los coloides, facilitando su aglomeración y la formación de coágulos en la fase inicial del proceso (Charapaqui, 2023). Durante la etapa de coagulación se realiza la eliminación de partículas suspendidas. Para evaluar la

eficiencia de este proceso, se consideran parámetros como turbidez, conductividad, pH, color y sólidos totales (Cañari y Leon, 2022).

En la Figura 1 se ilustra la acción del coagulante neutralizando las cargas eléctricas en la superficie de los coloides facilitando su acumulación y formación de flóculos suspendidos. Inicialmente, estos flóculos son muy pequeños, con el paso del tiempo se agrupan para formar flóculos más grandes, que son capaces de sedimentar.

Figura 1

Estructura de mecanismo de coagulación



Nota. Perez y Urrea (2018).

2.2.6.4 Mecanismo de coagulación.

Generalmente, la coagulación se ha utilizado para desestabilizar partículas coloidales cargadas negativamente. Según Benalia et al. (2024) los principales mecanismos de coagulación son cuatro: la compresión de doble capa, la formación de puentes de polímeros, la neutralización de la carga y la coagulación por barrido.

a) La compresión de doble capa

Es un fenómeno que ocurre cuando dos partículas similares se acercan, lo que provoca que sus capas difusas interactúen. Esta interacción genera una fuerza de repulsión que depende de la distancia entre las partículas y disminuyen aceleradamente con el incremento de iones de carga opuesta que son aportados por el agente coagulante. Si el intervalo entre las partículas es grande, no se atraen. Además, La desestabilización por adsorción difiere de la desestabilización por compresión de doble capa en

que las especies absorbibles hacen que los coloides se desestabilicen en una dosis mucho menor que las especies no absorbibles (Benalia et al., 2024).

b) La adsorción y neutralización de cargas

Es un proceso clave en la coagulación del agua. Las partículas coloidales presentan una carga negativa en su superficie, conocida como carga primaria, que atrae iones positivos presentes en el agua, formando una primera capa adherida al coloide. Según la teoría de la doble capa, la coagulación se considera como la neutralización de este potencial al añadir coagulantes y floculantes. Sin embargo, el movimiento browniano natural de las partículas no es suficiente para lograr este proceso, por lo que se requiere energía adicional, que puede provenir de la agitación mecánica o hidráulica. Si se añade un exceso de coagulante al agua, las partículas pueden reestabilizarse, ya que el coagulante adicional se adhiere a la superficie de las partículas, invirtiendo su carga original (López, 2018).

c) El atrapamiento de partículas

Es un mecanismo fundamental en el proceso de coagulación. Cuando se añade una cantidad suficiente de coagulantes, como sales de metales trivalentes (por ejemplo, sulfato de aluminio o cloruro férrico), las partículas desequilibradas pueden quedarse atrapadas en floc. Este floc está compuesto por moléculas de $\text{Al}(\text{OH})_3$ o $\text{Fe}(\text{OH})_3$. La presencia de estos aniones y partículas en suspensión pueden acelerar la formación del precipitado, actuando como núcleos durante el proceso de formación del floc. Además, existe una relación inversa entre la turbidez del agua y la cantidad de coagulante necesaria; es decir, una mayor concentración de partículas en suspensión puede requerir menos coagulante para lograr una coagulación efectiva (López, 2018).

d) Adsorción y formación de puente

Este fenómeno es clave en el proceso coagulación floculación, ya que favorece la unión de partículas mejorando la eficiencia en la eliminación de impurezas del agua. Las moléculas largas del polímero contienen grupos químicos capaces de captar partículas coloidales, lo que permite que una molécula de polímero se adhiera a una partícula coloidal en uno de sus extremos, mientras que otros puntos permanecen disponibles para

captar más partículas. Así, las moléculas del polímero forman un "puente" entre las partículas coloidales. Sin embargo, un exceso de polímero puede reestabilizar la suspensión (Curipaco y Dueñas, 2021)

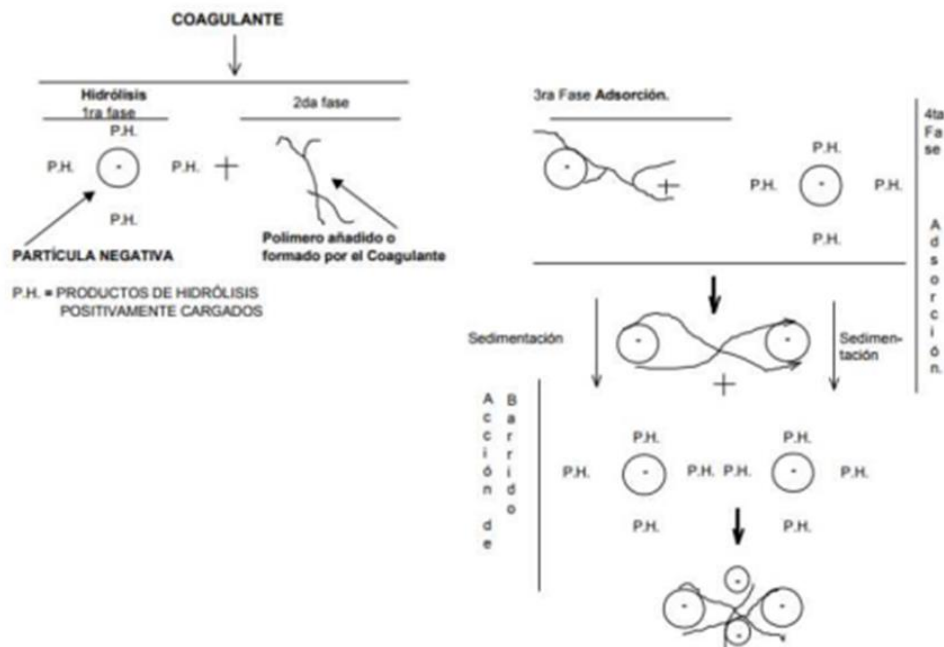
2.2.7 Etapas de coagulación

Curipaco y Dueñas (2021) describen que el mecanismo de coagulación se ejecuta en un tiempo muy corto y consta de cinco fases que ocurren de forma consecutiva y simultánea:

- **Etapa 1.** Hidrólisis de los iones metálicos multivalentes y desintegración de partículas suspendidas.
- **Etapa 2.** Generación de compuestos químicos para lograr la alteración de estabilidad del coloide.
- **Etapa 3.** Agrupamiento de las partículas inestabilizadas mediante un puente (interacción química).
- **Etapa 4.** Adsorción mutua entre las partículas desestabilizada.
- **Etapa 5.** Formación de flóculos y proceso de barrido

Figura 2

Estructura de mecanismo de coagulación



Nota. López (2018).

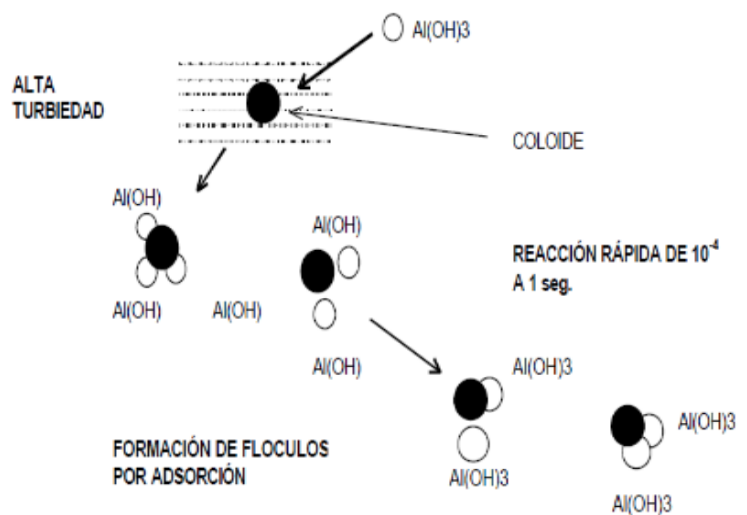
2.2.8 Tipos de coagulación

López (2018) indica 2 etapas básicas de coagulación, los cuales se detallan a continuación:

2.2.8.1 Coagulación por adsorción.

Este mecanismo ocurre cuando las partículas coloidales en el agua tienden a repelarse entre sí debido a la carga eléctrica. Las especies solubles en agua se adsorben rápidamente por los coloides al añadir el coagulante, lo que produce flóculos casi instantáneamente. La razón de esta rápida reacción es la alta densidad de partículas en suspensión, las cuales experimentan una mayor fuerza de atracción al estar más cercana entre sí, facilitando así el proceso de coagulación (López, 2018). Esta acción se visualiza en la Figura 3.

Figura 3
Coagulación por adsorción



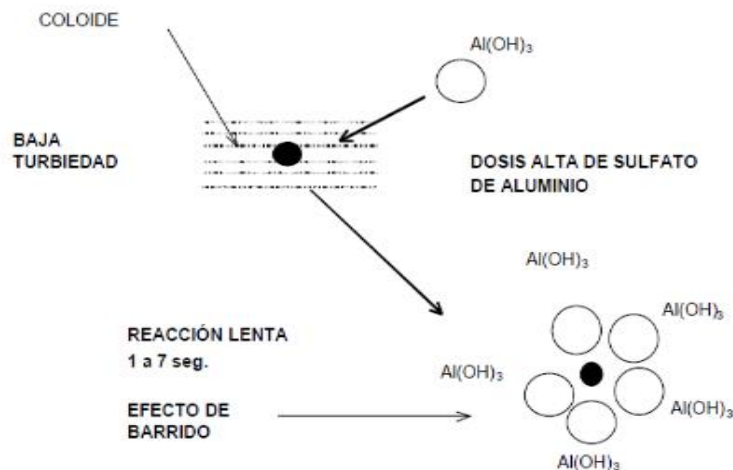
Nota. López (2018).

2.2.8.2 Coagulación por barrido.

Este mecanismo de coagulación se presenta en agua con poca turbidez y pocas partículas coloidales. La coagulación ocurre cuando las partículas se atrapan debido a la sobresaturación del coagulante. Se requiere más coagulante y energía para desestabilizar las partículas debido a su gran distancia y reducida fuerza de atracción (Curipaco y Dueñas, 2021). La Figura 4 representa la etapa de coagulación por barrido al agregar coagulante inorgánico.

Figura 4

Coagulación por barrido



Nota. López (2018).

2.2.9 Elementos que influyen en la coagulación

Curipaco y Dueñas (2021) enfatizan la importancia de considerar varios factores que inciden en el mecanismo de coagulación para optimizarlo. La relación mutua entre estos factores permite estimar las proporciones adecuadas de coagulantes que se añadirán al agua. Los parámetros con mayor influencia son:

2.2.9.1 Temperatura.

López (2018) Enfatiza que el impacto de la temperatura en el mecanismo de coagulación, determinando dos rangos importantes: entre 0° y $10^\circ C$, y entre 10° y $40^\circ C$. En el primer rango, la reducción de la turbidez disminuye gradualmente a medida que la temperatura del agua se acerca a $0^\circ C$, ya que la desestabilización de las partículas se ve dificultada por la mayor opacidad del agua, lo que reduce el transporte de partículas coloidales, haciendo que la agitación externa no sea suficiente para aglomerar los materiales suspendidos; además, el valor óptimo de pH también se reduce. En el segundo rango, de 10° a $40^\circ C$, la capacidad de reducir la turbidez aumenta con el incremento de la temperatura, debido a un mayor número de colisiones entre partículas.

2.2.9.2 Cantidad óptima.

Para simular eficientemente el mecanismo de coagulación, es fundamental considerar que la cantidad de coagulante que se añade es muy pequeña en relación con el volumen de agua a tratar. Por esta razón, es importante generar una turbulencia adecuada que garantice la dispersión uniforme del coagulante en todo el volumen del agua, lo que permite un contacto rápido y eficiente con la mayor cantidad posible de

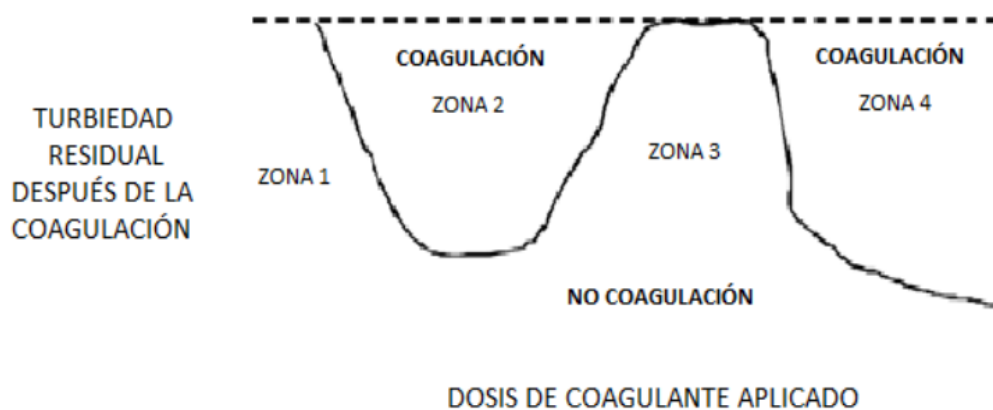
partículas coloidales. Además, es importante tener en cuenta que soluciones con baja concentración pueden hidrolizarse antes de ser aplicadas, lo que resulta en la formación de productos que no favorecen la coagulación (Condori y Gaspar, 2019)

La influencia de este elemento varía según la cantidad de coagulante y está relacionada con la turbidez residual. Existe cuatro zonas en las que se dividen las curvas:

- **Región 1.** La cantidad del coagulante es insuficiente para contrarrestar los gránulos, por ende, no se genera la coagulación.
- **Región 2.** A medida que se incrementa la cantidad del coagulante, ocurre una agrupación rápida de los coloides.
- **Región 3.** Con un mayor aumento en la cantidad, los coloides pueden reestabilizarse en ciertos niveles de pH.
- **Región 4.** Al seguir aumentando la cantidad, se alcanza la sobresaturación, lo que genera una acelerada sedimentación de los agentes coagulantes que, al descender, arrastran las partículas responsables de la turbidez (López, 2018).

Figura 5

Zonas al aplicar una dosis de coagulante



Nota. López (2018).

2.2.9.3 pH óptimo.

El pH es un factor determinante en el proceso de coagulación. Los estudios muestran que el pH óptimo para tratar aguas con menor coloración está entre 4 y 6, mientras que para aguas con turbidez, el rango ideal es entre 6,5 y 8,5. Además, las sales férricas son eficientes en un intervalo de pH más extenso que las sales de aluminio (Cañari y León, 2022).

2.2.9.4 Mezcla y aplicación.

El tiempo de mezcla, la intensidad de agitación, el sistema de aplicación del coagulante, el punto de aplicación y el tipo de dispositivo de mezcla son los factores físicos que influyen en el proceso de coagulación. Para alcanzar una coagulación uniforme, es necesario realizar una mezcla vigorosa que distribuya el coagulante de manera homogénea en el agua, asegurando que este entre en contacto con las partículas coloidales antes de que la reacción se complete. Además, el coagulante debe ser aplicado en el punto de mayor turbulencia, evitando su aplicación superficial (Condori y Gaspar, 2019).

2.2.10 Clasificación de coagulantes

Existen diversas variedades de coagulantes para el procesamiento del agua, que incluyen opciones químicas, no químicas, sintéticas y naturales. Cada tipo de coagulante tiene características particulares, y algunos contienen iones con carga positiva que neutralizan a las cargas negativas de las partículas orgánicas responsables de generar la turbidez del agua. En esta sección se describe tanto los coagulantes orgánicos como los inorgánicos.

2.2.10.1 Coagulantes inorgánicos.

Los coagulantes inorgánicos son compuestos químicos a base de metales, principalmente aluminio o hierro. Entre los coagulantes inorgánicos más comunes se encuentran el cloruro férrico, el alumbre, el hidróxido de calcio, el sulfato ferroso y los polielectrolitos, que también actúan como auxiliares en el mecanismo de coagulación (Gandiwa et al., 2020).

Actualmente, las PTAP convencionales emplean esencialmente coagulantes sintéticos, como el alumbre, debido a su alta eficiencia en la eliminación de la turbidez. Sin embargo, este coagulante es costoso y estudios indican que el aluminio en grandes cantidades puede ser neurotóxico, con posibles vínculos al desarrollo de la enfermedad de Alzheimer (Gandiwa et al., 2020). El uso de coagulantes metálicos para purificar el agua también presenta desventajas, como la alteración del pH y la reducción de la alcalinidad, lo que requiere la adición de cal o carbonato de sodio para mantener el pH adecuado. Además, los coagulantes inorgánicos generan grandes cantidades de lodo y pueden dejar residuos metálicos en estos (Diver et al., 2023).

2.2.10.2 Coagulantes orgánicos.

Los coagulantes naturales son biodegradables, y son una opción sostenible para el procesamiento del agua (Gandiwa et al., 2020). Estos coagulantes funcionan de manera similar a los coagulantes sintéticos, agrupando las partículas suspendidas en el agua, que facilita su asentamiento y disminuye la turbidez inicial. Entre las ventajas de usar coagulantes naturales se encuentran su bajo costo, la biodegradabilidad, la producción de menores cantidades de sedimento en comparación con los coagulantes químicos y su fácil disponibilidad (Diver et al., 2023). Además, el uso de coagulantes orgánicos en el tratamiento del agua potable mejora la tasa de sedimentación, reduce los costos e incrementa la calidad del agua. En algunos casos, se requieren dosis más bajas que con los coagulantes inorgánicos, y generan menos lodo. También, al no consumir alcalinidad, no es necesario ajustar el pH del agua (Diver et al., 2023).

2.2.11 Parámetros de control de la calidad del agua

La calidad del agua es un atributo complejo y medible que fluctúa según la ubicación y el tiempo, por lo que se considera muy dinámico. Es necesario utilizar un conjunto de parámetros físicos, químicos y biológicos para evaluar la calidad del agua (Fortes et al., 2023).

El agua destinada al consumo humano debe ser sometida a estrictos controles de calidad para reducir o eliminar los contaminantes que representan graves riesgos para la salud. Este proceso asegura la satisfacción del consumidor (Cañari y León, 2022).

a. Clasificación de los contaminantes del agua

Tabla 2

Identificación de contaminantes en el agua

Físicos	Químicos	Gaseosos	Biológicos
Color	Materia orgánica	Metano	Bacterias
Olor y sabor	Metales pesados	Anhidrido carbónico	Algas
Grasas y aceites	pH	Ácido sulfúrico	Hongos
Espumas	Nitrógeno		Animales
Sólidos disueltos	Pesticida		Plantas

Nota. Cañari y León (2022).

b. Características físicas

Tabla 3

Características físicas del agua

Características físicas	Descripción
Turbidez	La medida se expresa en Unidades Nefelométricas de turbiedad (NTU), y la turbidez se refiere a la opacidad de un líquido causada por la presencia de sólidos en suspensión.
Color	La escala Pt-Co se utiliza como unidad de medida. Normalmente, el agua carece de color, aunque en ciertos casos puede presentar una ligera tonalidad debido a la existencia de pigmentos, ácidos húmicos, plancton, turba, disueltos o en suspensión, entre otros.
Olor y sabor	Es posible identificar sustancias presentes en el agua en concentraciones bajas utilizando el sentido del olfato, ya que no hay un dispositivo de observación específico disponible.
Temperatura	Propiedad física relevante en el agua, ya que influye en la velocidad de la actividad biológica, ya sea acelerándola o retardándola.
Sólidos	Se trata de sólidos que resultan de la evaporación y el secado del agua a una temperatura específica; estos sólidos pueden estar suspendidos o retenidos en el agua.

Nota. Cañari y León (2022).

c. Características químicas

Tabla 4

Aspectos químicos del agua

Parámetro químico	Descripción
Alcalinidad	Medida para neutralizar los ácidos presentes en el agua dentro de un rango estable, su nivel está influenciado por pH, temperatura y la fuerza iónica.
Dureza	Combinación de iones metálicos divalentes, principalmente calcio y magnesio en el agua
pH	Indica la acidez o alcalinidad de una sustancia.

Nota. Cañari y León (2022).

2.2.12 Tarwi (*Lupinus mutabilis*)

El tarwi (*Lupinus mutabilis*) también conocido como chocho, altramuz o lupino andino es una leguminosa, su desarrollo puede adaptarse en suelos con baja fertilidad, especialmente en zonas situadas entre los 2000 y 3900 metros sobre el nivel del mar, como los valles interandinos y el altiplano. En Perú, su cultivo es notable en regiones como Huancavelica, Puno, Ayacucho, Áncash, Cusco, Junín, La Libertad, Huánuco, Cajamarca y Amazonas (Tapia, 2015).

El tarwi presenta una considerable riqueza nutricional, ya que está mayormente compuesto por proteínas, fibras y grasas saludables, representando más del 56% de su peso total. Estudios realizados en más de 30 variedades (ecotipos) de tarwi provenientes de diversas regiones de los Andes peruanos indican que el contenido de proteínas oscila entre el 41% y el 47%, mientras que el contenido de aceite varía entre el 15% y el 24,1% (Berru et al., 2021)

La principal limitación del tarwi radica en la necesidad de someterlo a un proceso de desamargado antes de su consumo. Esto se debe a la eliminación de sustancias amargas, tóxicas y antinutricionales denominadas alcaloides, las cuales actúan como defensa contra posibles ataques de insectos al grano (Pascual-Chagman et al., 2021).

Figura 6

Tarwi (Lupinus mutabilis)



Nota. Tapia (2015).

2.2.12.1 Descripción botánica.

El Tarwi (*Lupinus mutabilis*) se caracteriza por tener una raíz pivotante y robusta que puede alcanzar hasta 2 metros y medio de profundidad, donde presenta nódulos simbióticos con bacterias del género *Rhizobium*, responsables de la fijación de nitrógeno atmosférico. Su tallo, que varía entre 0,5 y 2,8 metros de altura, promedia 1,85 metros, es cilíndrico, leñoso, y presenta ramificación en forma de V, con un color que cambia de verde a gris-castaño dependiendo de su grado de lignificación. Las hojas son palmeadas y digitadas, con entre 5 y 12 folíolos oblongo-lanceolados, a menudo acompañados por pequeñas hojas estipulares en la base del pecíolo. El color de las hojas puede variar entre verde y morado, dependiendo del contenido de antocianinas (Aranda y Bocanegra, 2018).

La inflorescencia del Tarwi se presenta como un racimo terminal que consta de varios verticilos florales, donde el eje principal es más largo y los laterales disminuyen en longitud. Las flores pueden exhibir una variedad de colores, incluyendo blanco, rosado, azul, morado, púrpura, amarillo, celeste y crema lo que depende de las antocianinas y flavonas presentes en la planta. En cuanto al fruto, este es una legumbre pubescente, que es indehisciente en las variedades cultivadas y ligeramente dehiscente en las semi-cultivadas y silvestres. Las vainas son alargadas, con longitudes que oscilan entre 5 y 12 centímetros, y contienen de 6 a 8 semillas (Aranda y Bocanegra, 2018).

2.2.12.2 Composición química del Tarwi.

La Tabla 5 detalla de manera específica los componentes de los granos de tarwi incluyen nutrientes como carbohidratos, proteínas, grasas, minerales y fibra.

Tabla 5

Propiedades químicas del tarwi (Lupinus mutabilis)

Componentes	Porcentajes (%)
Humedad	10,13
Proteína	47,8
Grasa	21,5
Ceniza	4,52
Carbohidratos	28,2
Fibra cruda	11,07

Nota. Breña (2018).

La proteína presente en el tarwi tiene como principal componente a la globulina, seguida por la albúmina, aunque su contenido de triptófano es reducido. En contraste, destaca por contener una cantidad significativa de aminoácidos, como lisina y cisteína, en proporciones superiores a las encontradas en otras leguminosas (Tapia, 2015).

2.2.12.3 Estudio taxonómico.

La Tabla 6 muestra el estudio taxonómico de tarwi (*Lupinus mutabilis*). Recientes investigaciones han empleado herramientas avanzadas de secuenciación y análisis morfológico para comprender la variabilidad genética del tarwi. Briceño et al. (2021) utilizaron marcadores moleculares para analizar la diversidad genética en poblaciones de tarwi en Perú, encontrando una alta variabilidad genética que sugiere un amplio potencial para la mejora genética. Asimismo, realizaron un estudio morfológico detallado de varias accesiones de tarwi, identificando diferencias significativas en características como tamaño de semilla, color y patrón de crecimiento.

Tabla 6

Clasificación Taxonómica del tarwi

Taxonomía del Tarwi		
Reino	Platae	Linnaeus
División	Magnoliophyta	Cronquist, Takht. & W. Zimm.
Clase	Magnoliopsida	Cronquist, Takht. & W. Zimm.
Orden	Fabales	Bercht. & J. Presl
Familia	Fabaceae	Lindl
Genero	Lupinus	L.
Especie	Lupinus mutabilis	Sweet

Nota. Tapia (2015).

2.2.13 Prueba de jarras

El test de jarras es un método ampliamente utilizado para evaluar las condiciones óptimas de operación en el tratamiento de agua y aguas residuales. Este procedimiento permite ajustar diversos parámetros, como el pH, la cantidad del agente coagulante, la velocidad de revolución, y probar diferentes coagulantes o polímeros a pequeña escala. Su objetivo es prever el rendimiento en una operación de tratamiento a gran escala. Además, esta técnica promueve los mecanismos de coagulación y floculación, por lo tanto ayuda a la remoción de coloides suspendidos y compuestos orgánicos presentes en el agua (Charapaqui, 2023).

2.3 Marco conceptual

2.3.1 Turbidez

La turbidez en el agua es causada por partículas suspendidas y coloidales, como arcilla, sedimentos, materia orgánica e inorgánica, así como plancton y otros microorganismos microscópicos. La turbidez en el agua puede presentar un riesgo microbiológico para la salud humana. La turbidez se mide con un turbidímetro y se expresa en NTU (Villanueva y Ávila, 2019).

2.3.2 Coloide

Las suspensiones coloides son permanentes, lo que hace difícil su sedimentación natural. Los coloides son las sustancias encargadas del color de agua la turbidez y tienen una gran superficie de interacción entre la región sólida y líquida. En términos de cinética de coagulación, algunos coloides son termoestables, mientras que otros son inestables, y en estos últimos, la coagulación tiene un impacto significativo (Villanueva y Ávila, 2019).

2.3.3 Coagulación

Proceso que desestabiliza las partículas coloidales existentes en el agua sin procesar. Este proceso se realiza en dos momentos: primero, se añade una cantidad específica de un coagulante químico u orgánico, y luego se dispersa rápidamente en el volumen total de agua. esto se hace generalmente mediante el uso de mezcladores mecánicos (Arcos y Huaman, 2019).

2.3.4 Floculación

Proceso que sigue a la coagulación, durante el cual se agita la masa coagulada para permitir que los flóculos recién formados crezcan y se agrupen. Esto aumenta su tamaño y peso, facilitando su sedimentación. La floculación permite la unión gradual de los flóculos; una mezcla demasiado rápida puede romperlos, impidiendo que alcancen su tamaño y fuerza óptimos. Este mecanismo puede ser mejorado añadiendo un compuesto inorgánico o un agente auxiliar de floculación (Massa, 2021).

2.3.5 Cantidad de coagulante

La cantidad de coagulante se define como la cantidad adecuada de coagulante que debe añadirse durante el tratamiento del agua, específicamente en las etapas de mezcla rápida, floculación y sedimentación, para reducir o eliminar principalmente la turbidez. Esta cantidad se refiere al volumen específico de coagulante aplicado a una concentración determinada, que permite la formación de flóculos con mayor compactación y velocidad de sedimentación (Benarte y Romero, 2020). Esto se debe a que las partículas coagulantes

desestabilizan los coloides con carga negativa presentes en el agua, neutralizando las cargas que provocan las fuerzas repulsivas entre ellos. Además, una cantidad efectiva de coagulante ayuda a obtener una mayor reducción de la turbidez en el agua tratada (Benalia et al., 2024).

2.3.6 Sedimentación

Se refiere al proceso en el que el agua se deja en reposo en tanques para permitir que los flóculos formados durante la floculación se decanten. En esta etapa, las partículas suspendidas en el agua se agrupan hasta alcanzar el peso necesario para sedimentarse (Benarte y Romero, 2020).

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo de Investigación

La presente investigación fue de tipo aplicada, según Vargas (2009). Se tuvo como objetivo obtener resultados prácticos mediante la combinación de la experiencia del investigador con datos experimentales obtenidos en campo. Específicamente, este estudio evaluó el uso de un coagulante natural (harina de tarwi) para la clarificación de muestras de agua tomadas al ingreso de la PTAP - Pampas. A través de la aplicación controlada de un coagulante orgánico en diversas concentraciones (seis cantidades) a la muestra de agua, se determinó experimentalmente la cantidad requerida para lograr una clarificación eficiente del agua. Por otro lado, de acuerdo con lo establecido por Hernández et al. (2018) esta investigación es de tipo experimental. Es decir, se manipulo de forma intencional y controlada una variable independiente (causa) para evaluar su efecto sobre una variable dependiente (efecto), estableciendo una relación entre ambas variables. Todo esto se realizó mediante experimentos y análisis estadísticos que permitieron probar la hipótesis.

3.2 Diseño de investigación

El diseño de investigación utilizado fue diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con arreglo factorial. Donde los bloques representaron los niveles de turbidez del agua (M1, M2, M3) al ingreso de la PTAP – Pampas, y los factores de estudio variedades de tarwi y cantidad de coagulante (Tabla 7). Se aplicó el siguiente modelo matemático lineal:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + Y_j + \varepsilon_{ij}; f(x) = \begin{pmatrix} i = 1, 2, \dots, k \\ j = 1, 2, \dots, b \end{pmatrix}$$

Donde:

Factor de estudio o variable independiente: Harina de tarwi desamargado desgrasado

Niveles del factor de estudio: Cantidad de harina de tarwi (D1,, D6-i)

Variable dependiente: Turbidez del agua al ingreso de la PTAP - Pampas

Bloques: M1, M2, M3 (niveles de turbidez-j)

μ : Efecto de las medias.

T_i : Efecto sobre la media causado por el nivel i (D1, D2, D3,, D6) del factor cantidad de la harina de tarwi desamargado desgrasado.

Y_j : Efecto sobre la media causado por el nivel (M1, M2, M3) del bloque de turbidez

ε_{ij} : Error experimental

Tabla 7*Diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con arreglo factorial*

Variedad de tarwi	Dosis de coagulante (g)	TURBIDEZ DE MUESTRAS DE AGUA (NTU)		
		M1 (22,45)	M2 (33,45)	M3 (43,93)
Blanca (V1)	0,5	R1	R1	R1
	1,0	R2	R2	R2
	1,5	R3	R3	R3
	2,0	R4	R4	R4
	2,5	R5	R5	R5
	3,0	R6	R6	R6
Chaleco(V2)	0,5	R1	R1	R1
	1,0	R2	R2	R2
	1,5	R3	R3	R3
	2,0	R4	R4	R4
	2,5	R5	R5	R5
	3,0	R6	R6	R6

Dónde: R1..., R6 valores de las variables respuestas (turbidez, pH y conductividad eléctrica).

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

El agua utilizada para la investigación fue recolectada al ingreso de la PTAP – Pampas proveniente de los riachuelos Ustuna, Totorá, San Carlos y Viña Azul del distrito de Pampas, provincia de Tayacaja, región Huancavelica; entre los meses de febrero y marzo del 2024 (Figura 7). Asimismo, las semillas de tarwi (*Lupinus mutabilis*) procedieron de la Comunidad Campesina de Pachahuasi, distrito de Ahuaycha, provincia de Tayacaja, región Huancavelica recolectada en el mes de setiembre del 2023. Los granos de tarwi fueron acondicionados en bolsas de papel y trasladado al laboratorio de Bioquímica de la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo (UNAT) en condiciones de temperatura ambiente, para posterior proceso de obtención de harina de tarwi.

Figura 7

Agua proveniente de los riachuelos (Ustuna, Totora, San Carlos) al ingreso de la PTAP - Pampas



Nota. Línea azul representa agua que ingresa a la PTAP – Pampas.

3.3.2 Muestra

Previo a la colecta de muestras se realizó visitas a la PTAP y las fuentes de alimentación (riachuelos). El tamaño de muestra fue 40 litros de agua colectado al ingreso de la PTAP, dividido en 02 galoneras de plástico de 20 litros cada uno. Las muestras de agua fueron colectadas entre febrero y marzo del 2024, épocas de lluvia en la región Huancavelica, encontrándose valores de turbidez diferentes en el periodo de estudio (22,45; 33,45; 43,93 NTU) (Anexo 3).

Figura 8

Colecta de muestra de agua



Las muestras fueron recolectadas siguiendo el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, establecido por la Autoridad Nacional del Agua mediante la Resolución Jefatural N° 010-2016 (ANA, 2016). Asimismo, se recolecto 10 kg de semillas de Tarwi (*Lupinus mutabilis*) por cada variedad para la preparación de harina de tarwi y aplicar como solución coagulante natural.

3.3.3 Muestreo

El muestreo utilizado en este estudio fue de tipo no probabilístico por conveniencia, método más habitual para obtener una muestra representativa (Hernández et al., 2018).

Se recolectaron 2 bidones de muestra por cada nivel de turbidez, con una capacidad de 20 litros, obteniendo una cantidad total de cuarenta litros de agua por nivel de turbidez, recolectado al ingreso de la PTAP – Pampas (Anexo 11).

3.4 Identificación y Operacionalización de Variables

3.4.1 Identificación de Variables

- **Variable Independiente**

Harina de dos variedades de tarwi (*Lupinus mutabilis*) (Tabla 8)

- **Variable Dependiente**

Reducción de turbidez del agua colectada que ingresa a la PTAP – Pampas
parámetros fisicoquímicos del agua tratada (Tabla 8)

Tabla 8*Operacionalización de variables de estudio*

Variab les	Descripción conceptual	Descripción operacional	Indicador	Índice
(Independiente)	Derivado de grano andino	Harina de tarwi	0,5	
Harina de tarwi de dos variedades (blanca y chaleco).	que se caracteriza por su alto contenido de proteínas, carbohidratos, vitaminas y minerales.	utilizado en el test de jarras para determinar los valores de turbidez y parámetros fisicoquímicos del agua.	1,0 1,5 2,0 2,5 3,0	g
Turbidez del agua (niveles)	Medida del grado de opacidad del agua por la cantidad de solidos suspendidos.	Caracterizar una muestra de agua a través del análisis cualitativo y cuantitativo de la turbidez.	22,45 33,45 44,93	NTU
(Dependiente)	Serie de ensayos de los parámetros fisicoquímicos	Mediciones de turbidez, conductividad eléctrica y temperatura del agua.	Turbidez pH Conductividad Temperatura	NTU Adimensional µS/cm °C

3.4.2 Unidad experimental

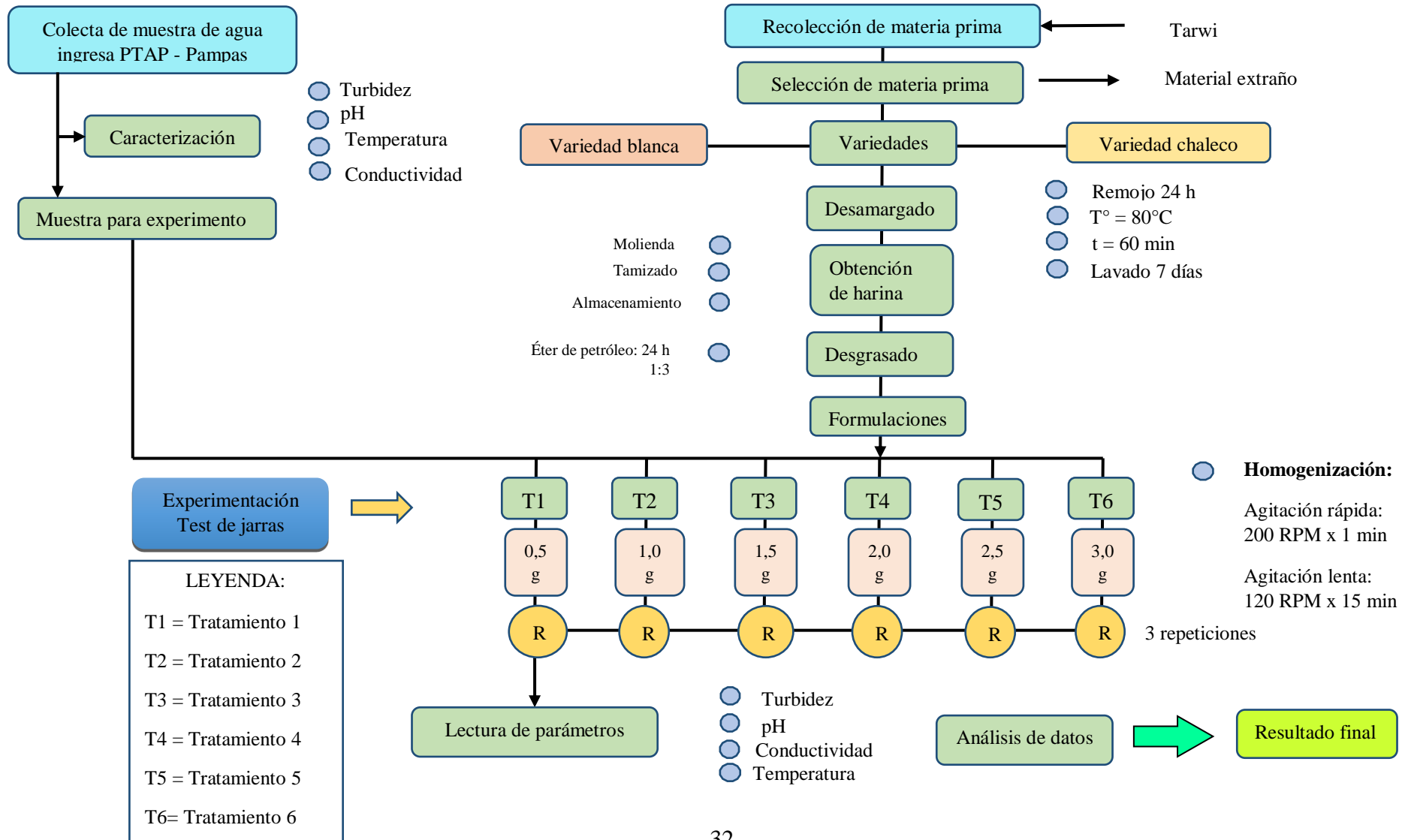
Harina de tarwi desamargado y desgrasado de dos variedades y muestra de agua colectada que ingresa a la PTAP – PAMPAS.

3.4.3 Método de análisis

En la Figura 9 se muestra el esquema experimental utilizado en esta investigación. Se llevó a cabo las mediciones fisicoquímicas del agua que ingresa a la PTAP - Pampas, incluyendo turbidez, pH, conductividad y temperatura (Anexo 3). La harina de tarwi desgrasada (variedades blanca y chaleco) se obtuvo a partir del grano desamargado (Anexo 8) y posteriormente se aplicó a las muestras de agua, evaluándose la efectividad de las harinas de tarwi (coagulante natural) en la mejora de la calidad del agua.

Figura 9

*Esquema experimental del proceso para evaluar el potencial de la harina de dos variedades de tarwi (*Lupinus mutabilis*) en la disminución de turbidez del agua que ingresa a la PTAP Pampas*



3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.1 Técnica de recolección de datos

3.5.1.1 Observación experimental.

La técnica de investigación fue la observación (Ñaupas et al., 2014), que integra a los sentidos, vista, olfato, tacto y oído. Esta combinación facilita una evaluación más completa de la muestra en cuestión. Por lo que se consideraron análisis de campo como análisis experimentales.

3.5.1.2 Análisis de campo.

Esta técnica se aplicó en el lugar de estudio, ubicado en el anexo de Viñas, que corresponde al ingreso del agua a la PTAP de Pampas. Este punto fue fundamental para la investigación, donde la observación se utilizó como el principal método para el registro de datos.

3.5.1.3 Análisis preliminar del estudio.

A fin de encontrar la cantidad efectiva para reducir de la turbidez del agua se realizaron corridas preliminares con extractos (solución de harina de tarwi desamargado, harina integral en solución de cloruro de sodio, solución de harina integral, solución de harina desgrasada) y harina de tarwi en diferentes condiciones (harina de tarwi integral, harina de tarwi desamargado, harina de tarwi desgrasado y harina de cascara de tarwi) (Anexo 10). Con base en los resultados obtenidos, se establecieron seis dosis finales del coagulante orgánico que fue el más efectivo (harina de tarwi desamargado y desgrasado) para cada nivel de turbidez (Tabla 9). Estas cantidades se utilizaron posteriormente en el proceso de test de jarras para establecer la cantidad efectiva.

Con el resultado de las pruebas preliminares y siguiéndose la metodología propuesta por Gómez y Medina (2021) se utilizó 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0 g harina de tarwi desamargado y desgrasado de dos variedades (blanco y chaleco) y seguidamente se evaluó la cantidad de harina de tarwi que tuvo mayor reducción de turbidez, utilizándose el test de jarras.

En la investigación se recolecto muestras de agua al ingreso de la PTAP del distrito de Pampas con diferentes niveles de turbidez (M1, M2, M3), una cantidad aproximada de 40 litros por cada nivel por muestreo al azar, cantidad requerida para prueba test de jarras y análisis fisicoquímico (turbidez, pH y conductividad) (Tabla 10).

La prueba de laboratorio se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja, específicamente en el Laboratorio de Bioquímica de la E.P. de Enfermería para el acondicionamiento de las muestras y posterior análisis en el laboratorio de la empresa Soluciones Químicas Ambientales y laboratorio de aguas de PTAP - Pampas de la Municipalidad Provincial de Tayacaja, donde se realizaron los experimentos de medición de los parámetros turbiedad, conductividad, pH y temperatura. La importancia de este trabajo radicó en la metodología certificada y el uso de equipos calibrados, aplicando métodos experimentales en muestras obtenidas del agua que ingresa a la PTAP – Pampas.

Tabla 9

Cantidades de harina de tarwi para las dos variedades aplicadas por niveles de turbidez de agua

Niveles de Turbidez (NTU)	Dosis de coagulante natural (g) (variedades blanca y chaleco)					
	1	2	3	4	5	6
22,45 (M1)	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
33,45 (M2)	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
43,93 (M3)	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0

M1: Valor promedio de turbidez de muestra de agua colectada el día 26/02/2024 a 10:15:00 horas

M2: Valor promedio de turbidez de muestra de agua colectada el día 01/03/2024 a 09:10:00 horas

M3: Valor promedio de turbidez de muestra de agua colectada el día 06/03/2024 a 09:45:00 horas

Tabla 10

Parámetros de medición de muestra de agua que ingresa a la PTAP - Pampas

Muestra	Parámetros de medición	Unidades de medida
Agua que ingresa a la PTAP	Turbiedad	NTU
	pH	---
	Conductividad	μS/cm
	Temperatura	°C

3.5.1.4 Experimentación.

Con la muestra y la cantidad de harina de tarwi ya establecida, se realizaron diversas pruebas de jarra en distintos intervalos de tiempo (repeticiones) para determinar la cantidad de coagulante natural más efectivo. En este proceso, se monitoreó la fase de coagulación, durante la cual se añadieron las cantidades de harina de tarwi; entre los 10 y 12 minutos, se observó la formación de flóculos, donde se identificó el inicio de la fase de floculación. A partir de los 15 minutos, se notó el inicio de la sedimentación. Durante la prueba, se evidenció tanto la formación como la estabilización de los flóculos.

3.5.2 Instrumentos de recolección de datos

Se emplearon diversos instrumentos y materiales para la recolección de datos, incluyendo recipientes para muestras de agua, cámara fotográfica, apuntes y fichas de obtención de datos. Además, para el estudio en el sitio, se utilizaron registros de identificación que facilitaron el etiquetado de las muestras, así como información útil para el análisis experimental. Estos recursos permitieron llevar a cabo un proceso organizado en la recopilación de datos, asegurando la precisión y la validez de los resultados obtenidos en la investigación.

3.5.2.1 Proceso de recolección de muestra de agua.

3.5.2.1.1 Ubicación del efluente – PTAP Pampas.

Se colectaron muestras de agua que ingresa a la PTAP - Pampas, situada en el distrito de Pampas, departamento de Huancavelica, con el propósito de determinar turbidez, pH, conductividad y temperatura de las muestras (Tabla 11).

Tabla 11

Ubicación del lugar de recolección de la muestra de agua que ingresa a la PTAP – Pampas

Provincia	Distrito	Ubicación (coordenadas)			Muestra recolectada
		Latitud	Longitud	Altitud	
Tayacaja	Pampas	-12,409941°	-74,866345°	3276	Agua que ingresa a la PTAP

3.5.2.1.2 *Recojo de muestra de agua al ingreso de la PTAP – Pampas.*

Materiales utilizados

- Recipientes (6 bidones de 20 L)
- Etiquetas para rotulado, GPS y EPPs

3.5.2.1.3 *Rotulado de las muestras de agua.*

Una vez recolectada y acondicionada las muestras de agua que ingresa a la PTAP – Pampas, fueron rotuladas para su traslado al laboratorio de aguas de la PTAP – Pampas y de la empresa “Soluciones Químicas Ambientales” (Tabla 12). El objetivo de este traslado fue determinar los parámetros fisicoquímicos y evaluar la remoción de turbidez utilizando coagulantes naturales a partir de harina de dos variedades de tarwi.

Tabla 12

Proceso de recolección de las muestras del agua que ingresa a la PTAP - Pampas

Instrumento	Fuente	Alcance
Rotulado para muestra de agua.	R. J. N°010-2016-ANA	Anotación de los datos de las muestras recolectadas.
Registro de identificación del punto de monitoreo.	de R. J. N°010-2016-ANA del	Anotación del punto de la zona de monitoreo.
Ficha de recolección de datos.	Propio	Formato de registro.

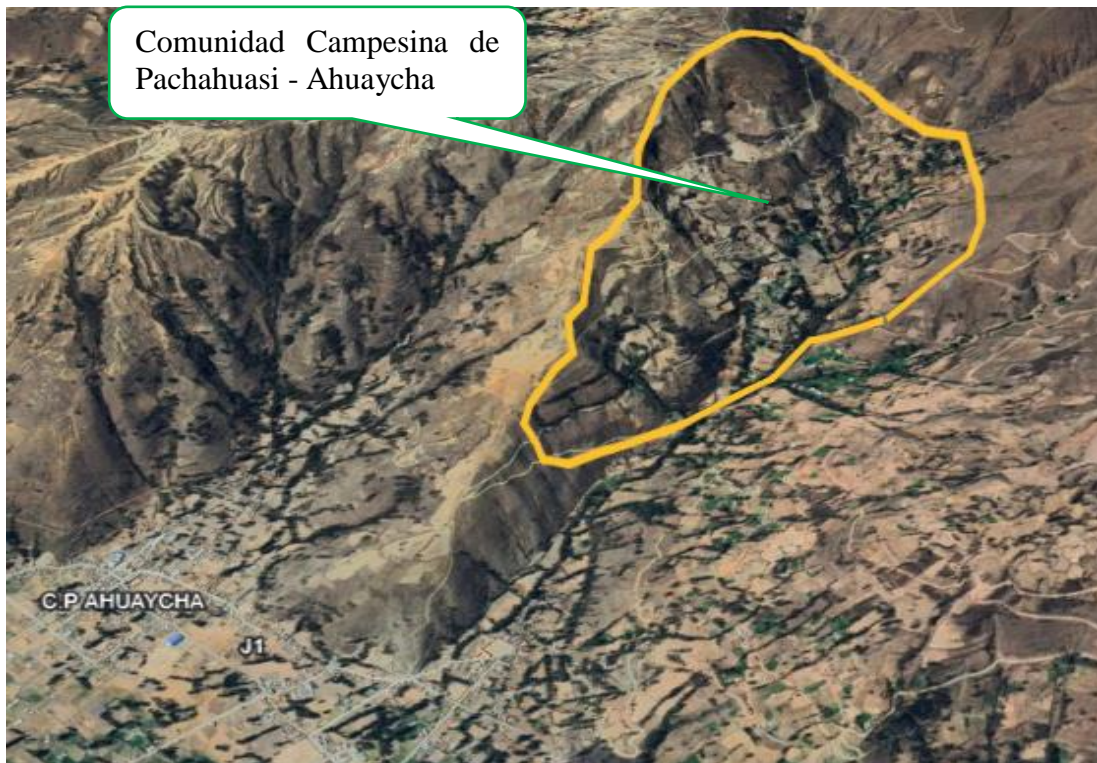
3.6 Procedimiento de la obtención de harina de tarwi

3.6.1 *Recolección de muestras de tarwi (Lupinus mutabilis)*

Se realizaron visitas a la comunidad campesina de Pachahuasi, ubicada en el distrito de Ahuaycha, provincia de Tayacaja, región Huancavelica. Posteriormente, en setiembre de 2023, durante la temporada de cosecha, se recolectaron muestras de dos variedades de tarwi (Figura 10). Las muestras fueron recolectadas de manera aleatoria en bolsas de polietileno de alta densidad y trasladadas al Laboratorio de Bioquímica de la UNAT, donde se almacenaron en temperatura ambiente hasta ser sometidas a los tratamientos correspondientes.

Figura 10

Colecta de semillas de dos variedades de tarwi de la Comunidad Campesina de Pachahuasi - Ahuaycha



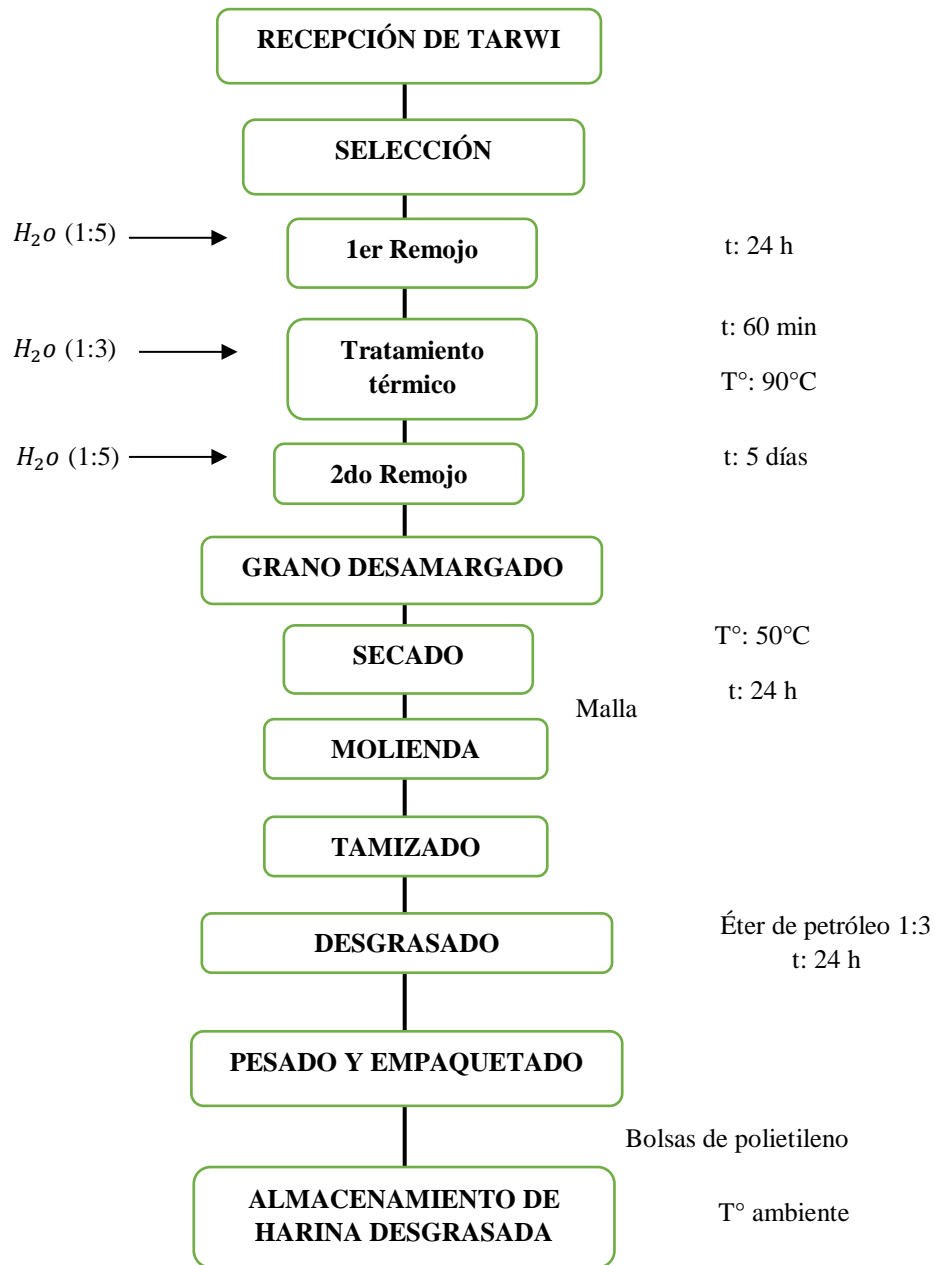
Nota. Google earth. (s.f.). Ubicación de la Comunidad Campesina de Pachahuasi

3.6.2 Acondicionamiento previo y obtención de harinas de tarwi (*Lupinus mutabilis*)

El procedimiento se detalla en la Figura 11. A las muestras almacenadas se realizaron tratamientos de selección y desinfección del tarwi con hipoclorito de Sodio 0,1%. Posteriormente, las semillas se sometieron al proceso de desamargado antes de ser molidas para obtener harina en polvo de las dos variedades. Luego, se tamizaron con un tamiz N.º 30 para asegurar la uniformidad en el tamaño de las partículas de harina de tarwi. Esto permitió preparar distintas cantidades para evaluar su capacidad de reducir la turbidez del agua.

Figura 11

Diagrama de flujo para la obtención de harina desgrasada de tarwi



Nota. Procedimiento según Maldonado et al. (2023) con modificaciones.

3.6.3 Descripción del diagrama de flujo de obtención de harinas de tarwi

- **Recepción.** Se recolectó tarwi de manera aleatoria en el campo durante la cosecha en el mes de setiembre 2023 y se trasladó al Laboratorio de Bioquímica Química de la UNAT.
- **Selección.** Se separaron manualmente los granos que no cumplían las condiciones y las impurezas de la materia prima.
- **Primer remojo.** Los granos se remojaron por 24 horas.

- **Tratamiento térmico.** Seguidamente se cocinaron durante 1 hora para facilitar la difusión de alcaloides
- **Segundo remojo.** Los granos sometidos a cocción fueron lavados, cambiando de agua cada 3 horas durante 5 días.
- **Grano desamargado.** se obtuvo los granos desamargados.
- **Secado.** Después del desamargado, los granos fueron secados a 50 °C, hasta obtener una humedad constante.
- **Molienda.** Se molieron las muestras en un molino comercial, obteniéndose 5 kg para los diferentes tratamientos y análisis fisicoquímicos.
- **Tamizado.** Las harinas se tamizaron con un tamiz N° 30 obteniéndose partículas con diámetros entre 400 µm y 630 µm.
- **Desgrasado.** Para el desgrasado se utilizó como solvente éter de petróleo en proporción 1:3 por un tiempo de 24 horas.
- **Pesado y empaquetado.** la harina desgrasada fue pesada y acondicionada en bolsas de polietileno de alta densidad de 1,0 kg.
- **Almacenamiento.** La harina desgrasada acondicionada fue rotulada y almacenada en refrigeración para su uso en formulaciones posteriores.

3.7 Caracterización fisicoquímica de las harinas de tarwi (*Lupinus mutabilis*)

Las harinas de tarwi fueron caracterizadas de acuerdo con las normas establecidas para derivados de cereales y menestras (NTP 205.006:2017 y NTP 205.002:2021), evaluando los parámetros fisicoquímicos de grasa y humedad.

3.7.1 Determinación de materia grasa

Se determinó la materia grasa del tarwi según método descrito por la Norma Técnica Peruana (NTP) “Cereales y menestras - Determinación de materia grasa” (NTP 205.006:2017). Este procedimiento consiste en extraer directamente la materia grasa de una muestra molida a través de un aparato de extracción intermitente, conocido como equipo Soxhlet, utilizando éter de petróleo como solvente durante un tiempo de extracción de 4 horas.

La fórmula para el cálculo fue:

$$\%Grasa = \frac{PB_2 - PB_1}{m} * 100$$

Donde:

PB_1 = Peso del balón sin grasa

PB_2 = Peso del balón con grasa

m = peso de la muestra (g)

3.7.2 Determinación de humedad

Se determinó el porcentaje de humedad empleando el método especificado en la NTP "Cereales y menestras - Determinación del contenido de humedad" (NTP 205.002:2021). Este método consiste en calcular el porcentaje de humedad a partir de la diferencia de peso de la harina antes y después de ser secada por calentamiento en una estufa eléctrica a temperatura constante de 105 °C.

La fórmula para el cálculo fue:

$$\%Humedad = \frac{P_1 - P_2}{m} * 100$$

Donde:

P_1 = Peso de la placa más muestra

P_2 = Peso de la placa más muestra seca

m = peso de la muestra (g)

3.8 Prueba de jarras

3.8.1 Ambientes de trabajo

La muestra de agua colectada en condiciones de temperatura ambiente fue trasladada al laboratorio de Aguas de PTAP - Pampas de la Municipalidad Provincial de Tayacaja para ensayos preliminares de la prueba de jarras (Figura 12), método utilizado para simular y evaluar la efectividad de distintas cantidades de coagulantes en el tratamiento del agua. Posteriormente los ensayos definitivos se realizaron en la empresa Soluciones Químicas Ambientales.

Figura 12

Equipo test de jarras



3.8.2 Equipos, reactivos y materiales utilizados

Los equipos, reactivos y materiales requeridos para los ensayos fueron proporcionados por el Laboratorio de Bioquímica de la E. P. de Enfermería de la UNAT y Laboratorio de Aguas de la PTAP - Pampas de la Municipalidad Provincial de Tayacaja (Tabla 13).

Tabla 13

Materiales, equipos y reactivos empleados en la prueba test de jarras

Materiales	Reactivos	Equipos	Insumos
- Vasos de precipitación: 100 mL, 500 mL, 800 mL, 1000 mL	Alcohol 90% Hipoclorito de sodio.	-Medidor de pH Marca HANNA. -Turbidímetro Marca HANNA.	- Harina de tarwi desamargada y desgrasada
- Matracas Erlenmeyer: 500 mL.		-Equipo test de jarras- VELP modelo JLT	- Agua destilada
- Pipetas: 5mL y 10mL.			
- Piseta			
- Envases		-Agitador magnético marca VELP	
- Embudos			
- Mallas (tamiz) 250.µm		-Estufa para secado	
- Probeta de 300mL.		-Refrigeradora	
- Escobillas para lavado de frascos de vidrio		-Molino manual (corona)	

- EPPS guantes de látex, guardapolvo.	- Molino eléctrico -Balanza electrónica y analítica - Papel filtro (filtración lenta) -Cámara fotográfica -Cuaderno de apuntes
--	--

Nota. Materiales y equipos empleados en la prueba.

3.8.3 Preparación de la cantidad de coagulante utilizado y proceso de coagulación

La harina de tarwi se pesó en una balanza digital en cantidades de 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 y 3,0 g, y se añadió a muestras de agua (800 mL) recolectadas al ingreso de la PTAP - Pampas, correspondiente a niveles de turbidez de 22,45; 33,45 y 43,93 NTU. Se llevó a cabo el test de jarras utilizando seis cantidades distintas de coagulante, con tres repeticiones. Al concluir el ensayo, se procedió a medir la turbidez residual conforme al método descrito por López (2018). Las condiciones experimentales empleadas se especifican en la Tabla 14.

Una vez transcurrido el tiempo estipulado, se retiró la jarra, permitiendo que los sólidos sedimenten durante un periodo de 1 hora. Mientras las primeras pruebas se encontraban en fase de sedimentación, se repetía el proceso con las otras muestras de agua.

Tabla 14

Configuración del equipo para en ensayo test de jarras

Fase	proceso	Velocidad	Tiempo
Mezcla rápida	1	200 RPM	1 minuto
Mezcla lenta	2	120 RPM	15 minutos

3.8.4 Fase de sedimentación

En la fase de sedimentación se formaron pequeños flóculos que, en función a la cantidad aplicada, precipitaron en distintos intervalos de tiempo. Al completar el tiempo de sedimentación, se introdujo minuciosamente una pipeta de 10 mL dentro del vaso con la muestra hasta la mitad del contenido. El volumen extraído se transfirió a una fiola hasta completar 100 mL, para luego proceder con el filtrado. Este procedimiento se repitió para cada prueba.

3.8.5 Etapa de filtrado

El agua contenida en la fiola de 100 mL fue filtrada mediante un embudo y papel filtro, y el resultado se recolectó en una fiola. Posteriormente, se analizaron los parámetros de cada muestra de agua tratada utilizando turbidímetro y pH-metro, de acuerdo con los métodos previamente descritos. Tras completar el procedimiento de las seis muestras tratadas con el coagulante natural y el registro de los datos del resultado.

3.9 Métodos estadísticos para el análisis de los datos

El análisis de datos se centró en las distintas mediciones de turbidez, pH, conductividad y temperatura. Los datos experimentales se organizaron en tablas y gráficos para cada muestra de agua tratada con el coagulante ensayado, para facilitar la interpretación de los datos. Se utilizó diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con arreglo factorial 2 x 6 aplicando softwares Minitab 19.0 y SPSS v26, y se estableció un nivel de significancia de $p < 0,05$.

IV. RESULTADOS

4.1 Caracterización fisicoquímica de la harina de tarwi

En la Tabla 15 se presentan los resultados de la caracterización fisicoquímica de la harina de tarwi.

El contenido de grasa en la harina de tarwi desamargado de ambas variedades fue $24,10 \pm 0,101\%$ y $22,01 \pm 0,701\%$ blanca y chaleco, respectivamente. Estos valores son parecidos a lo reportado ($22,31\%$) por Breña (2018). Respecto a la harina desgrasada de tarwi de ambas variedades blanca y chaleco $0,52 \pm 0,33$ y $0,84 \pm 0,63\%$, respectivamente. Estos resultados se encuentran cercano ($1,34\%$) a lo reportado por Pascual-Chagman et al. (2022). Es posible que las diferencias observadas respecto a otros autores se deban a la estacionalidad de la cosecha, así como a las condiciones geográficas en las que crecen. En relación con el contenido de humedad se encontró que este valor osciló entre $9,71 \pm 0,35$ y $10,10 \pm 0,15\%$ y no se encontró diferencias entre las 2 variedades. Siendo cercano a hallazgos previos encontrados en el estudio de Breña (2018).

Tabla 15

Caracterización fisicoquímica del coagulante natural

Composición fisicoquímica (%)	Variedades de tarwi			
	Blanca		Chaleco	
	HIT	HDT	HIT	HDT
Humedad	$10,10 \pm 0,15$	$9,71 \pm 0,35$	$10,05 \pm 0,05$	$9,83 \pm 0,05$
Grasa	$24,10 \pm 0,10$	$0,52 \pm 0,33$	$22,01 \pm 0,70$	$0,84 \pm 0,63$

Nota: HIT: Harina integral de tarwi desamargado, HDT: Harina desgrasada de tarwi.

4.2 Caracterización del agua que ingresa a la planta de tratamiento

Se determinó los parámetros fisicoquímicos iniciales del agua colectada al ingreso la PTAP-Pampas (Tabla 16).

En la Tabla 16 se puede observar que los parámetros fisicoquímicos pH, conductividad y temperatura del agua colectada al ingreso de la PTAP permanecieron constantes en diferentes tiempos de colecta. Sin embargo, para el parámetro turbidez se observaron diferencias entre las muestras de agua colectada.

Tabla 16

Caracterización fisicoquímica del agua colectada (sin tratamiento) que ingresa a la PTAP - Pampas

Parámetro	Muestras de agua colectada según nivel de turbidez		
	M1	M2	M3
Turbidez	22,45 NTU	33,45 NTU	43,93 NTU
pH	7,46	7,28	7,35
Conductividad	82 μ S/m	80 μ S/m	65 μ S/m
Temperatura	16,5 °C	17,5 °C	17,2 °C

4.2 Resultados de parámetros fisicoquímicos del agua que ingresa a la PTAP tratado con diferentes cantidades de harina de tarwi de dos variedades

4.2.1 Resultados de turbidez residual

En la Tabla 17 se presenta los resultados de la turbidez residual (TR) del agua recolectada al ingreso de la PTAP – Pampas, con tres niveles de turbidez, obtenidos mediante prueba test de jarras utilizando seis cantidades diferentes de harina de tarwi.

Fue observado diferencias significativas en los valores promedio de TR entre las muestras del agua con distintos niveles de turbidez inicial (M1, M2, M3) al ser tratadas con diferentes cantidades de harina de tarwi. Además, los valores promedio de TR aumentaron con el incremento de la cantidad del coagulante natural, lo que resultó en un menor porcentaje de reducción de turbidez. Este comportamiento se observó para el tratamiento con ambas variedades de harina de tarwi.

Tabla 17

Efecto de las cantidades de coagulante en el agua colectada al ingreso de la PTAP – Pampas con niveles de turbidez

Variedad de tarwi	Número de jarras	Cantidad de coagulante (g)	Turbidez residual	Porcentaje de	Turbidez residual	Porcentaje de	Turbidez residual	Porcentaje de
			promedio M1 (NTU)	reducción de turbidez (%)	promedio M2 (NTU)	reducción de turbidez (%)	promedio M3 (NTU)	reducción de turbidez (%)
Blanca	1	0,5	2,673±0,297	88,120	4,200±0,20	87,444	9,753±0,541	78,293
	2	1,0	3,397±0,185	84,902	5,88±0,040	82,422	10,217±0,235	77,260
	3	1,5	4,200±0,318	81,333	6,167±0,258	81,564	11,310±0,278	74,828
	4	2,0	4,377±0,192	80,547	7,463±0,282	77,689	12,097±0,180	73,076
	5	2,5	5,143±0,140	77,142	8,323±0,050	75,118	12,943±0,262	71,193
	6	3,0	6,393±0,325	71,587	7,78±0,10	76,741	13,433±0,294	70,102
Chaleco	1	0,5	3,620±0,138	83,911	6,030±0,108	81,973	10,407±0,068	76,837
	2	1,0	4,326±0,160	80,773	6,560±0,241	80,120	11,447±0,431	74,523
	3	1,5	5,033±0,306	77,631	6,950±0,389	79,223	12,703±0,285	71,727
	4	2,0	6,073±0,225	73,009	10,640±0,347	68,191	13,553±0,223	69,835
	5	2,5	6,470±0,262	71,244	10,940±0,806	67,294	14,493±0,186	67,743
	6	3,0	7,570±0,104	66,356	12,867±0,895	61,534	15,333±0,218	65,874

Nota. M1 = **22,45** NTU; M2 = **33,45** NTU; M3 = **43,93** NTU. Valores de niveles de turbidez del agua colectada al ingreso de la PTAP – Pampas.

La Tabla 18, muestra que la variedad blanca logro la mayor eficiencia en la reducción de turbidez alcanzando 78,30% en comparación a la variedad chaleco 73,21%. Respecto a las cantidades (0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5, 3,0 g) de coagulante natural utilizado para las muestras con niveles de turbidez diferente (M1; M2; M3) podemos observar que hubo mayor reducción en la muestra M1 con cantidad de coagulante 0,5 g para ambas variedades. Es decir, que el coagulante fue más efectivo en menor cantidad para muestras con menor nivel de turbidez.

El análisis de varianza de los datos de turbidez residual del agua recolectada que ingresa a la PTAP – Pampas, presentado en la Tabla 18, muestra diferencia significativa ($p < 0,05$). Se compararon valores promedio de turbidez residual entre los niveles de turbidez inicial del agua (tratamiento por bloques). Además, se detectó una diferencia significativa ($p < 0,05$) en los valores promedio de turbidez residual al tratar el agua recolectada con distintas dosis de coagulante.

Tabla 18

Análisis de varianza de la turbidez residual del agua colectada al ingreso de la PTAP – Pampas con niveles de turbidez.

Origen	Suma de	Cuadrático		F	Sig.
	cuadrados	gl	promedio		
Modelo corregido	444,346 ^a	10	44,435	92,268	0,000
Interceptación	2512,826	1	2512,826	5217,841	0,000
VARIEDAD	0,000	0	.	.	.
TRAT.BLOQUE	333,412	4	83,353	173,081	0,000
DOSIS.COAGULANTE	87,148	5	17,430	36,192	0,000
Error	12,040	25	0,482		
Total	2969,212	36			
Total, corregido	456,386	35			

En el análisis de Tukey (Tabla 19) se observa que hay diferencias entre los valores de turbidez residual promedio en relación con el tratamiento de bloques (niveles de turbidez inicial), fue observado valores más bajos para un nivel de turbidez menor y valores más altos para nivel de turbidez mayor.

Tabla 19

Análisis de Tukey de la turbidez residual del agua colectado al ingreso de la PTAP – Pampas con niveles de turbidez diferentes

TRATAMIENTO BLOQUE	Subconjunto					
	N	1	2	3	4	5
22.45	6	4,36388				
22.45	6	5,51545	5,51545			
33.45	6		6,63610			
33.45	6			8,99783		
45.93	6				11,62550	
45.93	6					12,98933
Sig.		0,078	0,091	1,000	1,000	1,000

4.2.2 Resultados de disminución de turbidez

El análisis de varianza de los datos sobre la eficiencia de reducción de turbidez del agua que ingresa a la PTAP – Pampas, presentado en la Tabla 20, muestra una diferencia significativa ($p < 0,05$) entre valores de porcentaje de reducción de turbidez tanto dentro como entre los diferentes niveles de turbidez inicial del agua (tratamiento de bloques). Un comportamiento significativo similar ($p < 0,05$) se observó en los valores de porcentaje de reducción de turbidez del agua cuando se trató con diferentes dosis de coagulante.

Tabla 20

Análisis de varianza de eficiencia de reducción de turbidez del agua colectado al ingreso de la PTAP – Pampas con niveles de turbidez diferentes

Origen	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	1300,216 ^a	10	130,022	25,560	0,000
Interceptación	206594,036	1	206594,036	40612,114	0,000
VARIEDAD	0,000	0	.	.	.
TRAT.BLOQUE	215,496	4	53,874	10,591	0,000
DOSIS.COAGULANTE	851,847	5	170,369	33,491	0,000
Error	127,175	25	5,087		
Total	208021,427	36			
Total, corregido	1427,391	35			

Según Tukey (Tabla 21) con un nivel de significancia de 0,05 se pudo observar mayores porcentajes de reducción de turbidez con cantidades 0,5 g (82,76%) y 1,0 g (80%) de coagulante natural, mientras que la cantidad 3,0 g resultó en el menor porcentaje de reducción de turbidez (68,70%).

Tabla 21

Análisis de Tukey de reducción de turbidez del agua colectado al ingreso de la PTAP – Pampas con niveles de turbidez diferente

Dosis Coagulante	Subconjunto					
	N	1	2	3	4	5
3	6	68,69900				
2.5	6	71,62233	71,62233			
2	6		73,72417	73,72417		
1.5	6			77,71767	77,71767	
1	6				80,00000	80,00000
0.5	6					82,76300
Sig.		0,254	0,597	0,052	0,512	0,309

4.2.3 Resultados de pH residual en muestras de agua colectado al ingreso a la PTAP – Pampas tratadas con diferentes cantidades de harinas de tarwi

La Tabla 22 presenta los resultados de pH residual del agua recolectada al ingreso de la PTAP – Pampas, con tres niveles de turbidez, obtenidos mediante la prueba test de jarras utilizando seis cantidades diferentes de harina de tarwi. Se observaron valores similares de pH residual promedio en muestras de agua con distintos niveles de turbiedad inicial, independientemente de la dosis de harina de tarwi utilizado.

No se encontraron diferencias en los valores de pH residual promedio entre las muestras tratadas con las diferentes cantidades de harina de las dos variedades de tarwi, y el incremento en la cantidad de coagulante no mostró diferencias en los valores de pH residual.

Tabla 22

Efecto de la cantidad de coagulante en el pH del agua colectado al ingreso de la PTAP – Pampas con niveles de turbidez diferentes

Variedad de tarwi	Número de jarras	Cantidad de coagulante (g)	pH residual promedio M1	pH residual promedio M2	pH residual promedio M3
Blanca	1	0,5	7,390±0,085	7,380±0,366	7,180±0,052
	2	1,0	7,446±0,045	7,290±0,270	7,290±0,177
	3	1,5	7,450±0,079	7,243±0,096	7,333±0,570
	4	2,0	7,513±0,055	7,226±0,125	7,386±0,075
	5	2,5	7,470±0,070	7,350±0,794	7,413±0,040
	6	3,0	7,513±0,070	7,460±0,190	7,466±0,208
Chaleco	1	0,5	7,413±0,025	7,083±0,055	7,200±0,072
	2	1,0	7,353±0,072	7,193±0,124	7,290±0,052
	3	1,5	7,330±0,043	7,330±0,101	7,276±0,145
	4	2,0	7,326±0,065	7,216±0,150	7,256±0,060
	5	2,5	7,333±0,066	7,360±0,167	7,210±0,104
	6	3,0	7,343±0,025	7,280±0,095	7,283±0,055

El análisis de varianza aplicado a los datos de pH residual promedio del agua colectado al ingreso de la PTAP – Pampas se presenta en la Tabla 23, se observó que existía diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los valores de pH residual dentro y entre los diferentes niveles de turbidez inicial del agua colectada (tratamiento de bloques).

Tabla 23

Análisis de varianza de pH residual del agua colectado al ingreso de la PTAP – Pampas con niveles de turbidez diferentes

Origen	Suma de	Cuadrático		F	Sig.
	cuadrados	gl	promedio		
Modelo corregido	0,240 ^a	10	0,024	5,066	0,000
Interceptación	1934,287	1	1934,287	409112,572	0,000
VARIEDAD	0,000	0	.	.	.
TRAT.BLOQUE	0,109	4	0,027	5,775	0,002
DOSIS.COAGULANTE	0,048	5	0,010	2,022	0,110
Error	0,118	25	0,005		
Total	1934,645	36			
Total, corregido	0,358	35			

Se pudo afirmar con un nivel de significancia 0,05 según la prueba de Tukey (Tabla 24) que hubo diferencias entre los valores de pH residual promedio en relación con el tratamiento de bloques (niveles de turbiedad inicial), observándose que el valor de pH residual del bloque M1 fue mayor que el pH residual del bloque M2.

Tabla 24

Análisis de Tukey de pH residual del agua colectado de las fuentes de captación a la entrada de la PTAP – Pampas con niveles de turbidez

Tratamiento Bloques	N	Subconjunto	
		1	2
33.45	6	7,24388	
45.93	6	7,25278	
33.45	6	7,32500	
45.93	6	7,34500	7,34500
22.45	6	7,34998	7,34998
22.45	6		7,46388
Sig.		0,117	0,060

4.2.4 Resultados de conductividad residual en muestras de agua colectados al ingreso de la PTAP – Pampas tratadas con diferentes cantidades de harinas de tarwi

La Tabla 25 muestra los resultados de conductividad residual del agua recolectada al ingreso de la PTAP – Pampas, con tres niveles de turbidez, obtenidos mediante la prueba de jarras utilizando seis cantidades diferentes de harina de tarwi.

Se observaron valores de conductividad residual promedio similares entre las muestras de agua recolectada con el mismo nivel de turbidez inicial, independientemente de la cantidad de harina de tarwi utilizado. Sin embargo, se encontraron diferencias en los valores de conductividad residual entre los distintos niveles de turbidez inicial del agua.

Se observaron diferencias entre las lecturas de conductividad residual promedio de muestras del agua que presentaron mayores niveles de turbidez, cuando fueron tratadas con harina de dos variedades de tarwi; también fue observado que a medida que se incrementa la cantidad del coagulante, los valores de conductividad residual del agua permanecen, disminuyen o se incrementan ligeramente.

Tabla 25

Efecto de la cantidad de coagulante sobre la conductividad del agua colectado al ingreso de la PTAP – Pampas con niveles de turbiedad diferentes

Variedad de tarwi	Numero de jarras	Cantidad de coagulante (g)	Conductividad residual promedio	Conductividad residual promedio	conductividad residual promedio
			M1 (μS/m)	M2 (μS/m)	M3 (μS/m)
Blanca	1	0,5	82,33±2,52	87,33±2,08	67,33±5,69
	2	1,0	82,66±1,52	82,33±2,08	71,67±6,66
	3	1,5	82,67±3,06	79,67±5,03	68,66±1,52
	4	2,0	84,33±4,16	73,67±7,37	68,33±4,51
	5	2,5	85,67±4,73	72,33±4,93	70,00±5,57
	6	3,0	81,67±2,52	74,00±6,56	69,67±3,21
Chaleco	1	0,5	79,33±7,57	87,67±3,51	81,67±3,51
	2	1,0	78,67±6,51	89,00±4,36	79,33±6,03
	3	1,5	78,00±6,00	88,66±1,52	78,67±5,51
	4	2,0	80,33±7,77	90,67±6,51	82,67±6,11
	5	2,5	79,67±3,51	95,33±1,15	82,00±7,81
	6	3,0	81,33±2,52	92,00±7,00	80,67±5,03

El análisis de varianza de los datos de conductividad residual promedio del agua recolectada al ingreso de la PTAP – Pampas, presentado en la Tabla 26, mostro diferencia significativa ($p < 0,05$) entre valores de conductividad residual en función de niveles de turbidez inicial del agua (tratamiento de bloques).

Tabla 26

Análisis de varianza de conductividad residual del agua colectado al ingreso de la PTAP – Pampas con niveles de turbidez diferentes

Origen	Suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	1453,596 ^a	10	145,360	14,828	0,000
Interceptación	232005,026	1	232005,026	23666,501	0,000
VARIEDAD	0,000	0	.	.	.
TRAT.BLOQUE	1033,305	4	258,326	26,352	0,000
DOSIS.COAGULANTE	11,267	5	2,253	0,230	0,946
Error	245,077	25	9,803		
Total	233703,699	36			
Total, corregido	1698,673	35			

a. R al cuadrado = ,856 (R al cuadrado ajustada = ,798)

En el análisis de Tukey (Tabla 27) se observó que hay diferencias entre los valores de conductividad residual promedio en relación con los niveles de turbidez inicial (tratamiento de bloques), observándose mayor nivel de conductividad en el nivel de turbidez M2 en relación con M1 y M3.

Tabla 27

Análisis de Tukey de conductividad residual del agua colectado al ingreso de la PTAP – Pampas con niveles de turbidez diferentes

TRATAMIENTO BLOQUES	Subconjunto			
	N	1	2	3
45.93	6	69,27783		
33.45	6		78,22167	
22.45	6		79,55500	
45.93	6		80,83500	
22.45	6		83,22283	
33.45	6			90,55667
Sig.		1,000	0,097	1,000

V. DISCUSIÓN

En el 2023, el Reporte Regional de Indicadores Sociales del Departamento de Huancavelica mostró que el 88,9% de los hogares tenía acceso a agua a través de red pública o pilón, cifra que coincide con el promedio nacional. Sin embargo, solo el 12,1% de los hogares contaba con agua que tenía un nivel de cloro adecuado, lo que está por debajo del promedio nacional del 34,9%.

En cuanto a los servicios en instituciones educativas, el acceso a agua vía red pública o pilón fue del 45,10%, mientras que el acceso a saneamiento mediante red pública alcanzó el 29,68%.

Adicionalmente, la literatura científica indica que la cobertura de agua potable es un factor que influye en la frecuencia de la anemia en niños menores de 3 años y mayores de 6 meses (Coila et al., 2019). Para el mismo año, la proporción de menores de 5 años con desnutrición crónica en Huancavelica fue del 36,1%, y el porcentaje de anemia en niños de 6 a 35 meses fue del 56,6%. Estos datos resaltan la importancia de mejorar el acceso a agua potable y saneamiento en la región para abordar problemas de salud infantil.

Según la OMS, la prevalencia y prevención de enfermedades se explica en la cantidad y cobertura de los servicios de saneamiento (Alvarado y Marrache, 2021)

El distrito de Pampas, provincia de Tayacaja, región Huancavelica a nivel domiciliario tiene agua de consumo con turbidez 17 NTU (PTAP, 2021), tres veces superior a lo normado por DIGESA, exponiéndonos a diversas enfermedades.

El contexto descrito motivó la realización de este estudio sobre la reducción de turbidez del agua al ingreso de la PTAP – Pampas que abastece al distrito de Pampas, utilizando harina de tarwi como coagulante natural. Los resultados mostraron que la turbidez de agua que ingresa a la PTAP de Pampas, durante los meses de febrero y marzo, presentaba variaciones, de 20 a 60 NTU, lo que posiblemente fue influenciado por la época de lluvias. Este valor de turbidez se encontraba dentro del rango establecido para la PTAP "La Atarjea", 15 a 300 NTU, correspondiente al promedio de turbidez en distintas épocas del año (López, 2018).

Este estudio es relevante, ya que la turbidez alta puede estar asociada con el riesgo de enfermedades transmitidas por el agua, lo que subraya la importancia de implementar métodos de tratamiento efectivos, como el uso de coagulantes naturales, para mejorar la calidad del agua potable en la región.

En función de la variabilidad de turbidez del agua al ingreso de la PTAP - Pampas, se trabajó con tres niveles de turbidez (22,45; 33,45; 43,93 NTU), encontrándose como

cantidad efectiva de coagulante natural 0,5 g para todos los niveles de turbidez estudiado. López (2018) en su estudio “Reducción de turbidez del agua utilizando cactácea como coagulante orgánico”, reportó resultados de eliminación de turbidez del 58% al 86%. Las dosis óptimas para muestras con turbidez 20, 50, 100, 300 y 500 NTU fue 30, 45, 55, 75 y 90 mg/L, respectivamente. Para muestras con turbidez baja (20 a 50 NTU) la concentración óptima fue 2%; para turbidez media (100 a 300 NTU) fue 1%; y para muestras de 500 NTU fue 0,5%. Además, se reportaron que el pH adecuado para la turbidez estudiada fue 9, y el comportamiento de la conductividad aumentó considerablemente con la reducción del pH en las muestras tratadas con alumbre como coagulante.

En nuestro estudio, el rango de reducción de turbidez varió del 61% al 88% para muestras con turbidez de 20 a 45 NTU, encontrándose mayor eficiencia de reducción de turbidez con harina de tarwi, variedad blanca 78,3% en comparación a la variedad chaleco 73,2% y no se observó variaciones de pH residual entre los diferentes niveles de turbidez, cuando las muestras de agua fueron tratadas con diferentes cantidades de harina de tarwi o coagulante natural; los valores de conductividad en las muestras se mantuvieron o se incrementaron ligeramente dentro del mismo nivel de turbidez, observándose diferencias significativas ($p < 0,05$) entre niveles de turbidez.

Al comparar los resultados de nuestro estudio con la evaluación de la capacidad coagulante de las semillas de papaya para la reducción de la turbidez en el tratamiento de aguas superficiales (Gómez y Medina, 2021) fue observado que una dosificación 0,5 g de polvo de semillas de papaya redujo la turbidez de 170 NTU a 0 NTU. Además, el pH disminuyó de 9,79 a 7,17. En contraste, con una dosificación de 1,58 g de sulfato férrico al 50%, la turbidez se redujo a 2 NTU. Por lo tanto, el autor reportó que las semillas de papaya como coagulante natural fueron eficientes en el tratamiento de aguas superficiales. Para nuestro estudio la misma cantidad que se usó para polvo de semilla de papaya, la harina de tarwi variedad blanca redujo al 88%, 87% y 78% para cada nivel de turbiedad; y la variedad chaleco redujo 83%, 81% y 76% para cada nivel de turbidez respectivamente. Estas diferencias probablemente tuvieron relación con el tipo de semilla utilizada y su respectiva composición y tratamiento a los que son expuestos durante su acondicionamiento. En este contexto, investigaciones han citado que la presencia de proteína, amilosa y calcio favorecen los procesos de coagulación y floculación.

En la presente investigación la efectividad de la harina de tarwi en la reducción de turbidez, 88%, fue cercano a los resultados de Chua et al. (2020) quienes lograron 99,5% aplicando una cantidad 88,46 mg/L de coagulante a partir de residuos de lentejas para una

turbidez de 890 NTU. Concluyeron que la capacidad de coagulación del extracto de lenteja estaría relacionado al alto contenido de proteínas, a través de sus grupos funcionales principalmente hidroxilo y carboxilo con potencial para absorber una alta gama de contaminantes (limo, arcilla, silicato). Estos mismos autores también identificaron a la amilosa como elemento que ayudaría en el mecanismo de puente a través de la proyección de la cadena de polímero al entorno para permitir la absorción de partículas en la superficie de la cadena de polímero.

En nuestro estudio, comparando los resultados obtenidos con la literatura científica, la mayor eficiencia de coagulante orgánico en la reducción de turbidez se asociaría a la proteína y carbohidratos presente en la harina de tarwi. Al-Wasify et al. (2023) siguiendo el mismo fundamento de Chua et al. (2020) atribuyeron la reducción de turbidez a los numerosos grupos funcionales que se encuentran en los polímeros naturales como responsables de la coagulación, tales como la presencia de proteínas globulinas en estas semillas. Estos grupos funcionales, están presentes en la cadena de polisacáridos que actúan formando puente de polímero y la neutralización de carga que son mecanismos de coagulación.

El biocoagulante orgánico utilizado en esta investigación mantuvo constante el pH y la conductividad del agua. Después del tratamiento el pH del agua tratada presentó valores parecidos al de la muestra inicial. El uso de biocoagulante orgánico a base de harina de tarwi no alteró el pH ni la conductividad del agua durante el tratamiento cumpliendo la normativa DS N° 031-2010-SA. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, el cual está establecido entre 6,5 a 8,5.

La literatura científica carece de estudios sobre la remoción de turbidez en el tratamiento de agua para consumo humano utilizando harina de tarwi. Sin embargo, Jaramillo (2020) investigó la efectividad de coagulantes a base de taninos de tarwi para el tratamiento de aguas residuales de la industria láctea, encontrando una dosis óptima de 1 mL de bioacoagulante a base de tarwi y una remoción de turbidez del 87,2% en aguas residuales con pH ácido. Este porcentaje de remoción es comparable al obtenido con la harina de tarwi variedad blanca en nuestro estudio.

VI. CONCLUSIONES

En esta investigación Se evaluó el efecto de las diferentes cantidades de harina de tarwi como coagulante natural sobre la turbidez, pH, conductividad encontrando como resultado 78,3% y 73,2% reducción de turbidez para la variedad blanca y chaleco respectivamente. El pH y la conductividad del agua presentaron ligera variación y permanecieron dentro de la normativa vigente D.S. N° 031-2010-SA

Se determinaron los parámetros fisicoquímicos iniciales turbidez, pH, conductividad y temperatura en muestras de agua colectado al ingreso a la PTAP – Pampas encontrando valores de turbidez de 22,45; 33,45; y 43,93 NTU.

Las diferentes cantidades de harina de tarwi (*Lupinus mutabilis*) que se utilizaron como coagulante natural 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 y 3,0 g para reducción de turbidez en el proceso de coagulación tuvieron efecto positivo en la reducción de turbidez, evidenciándose que no se necesita grandes cantidades de harina de tarwi para el tratamiento del agua, pues las cantidades aplicadas no superaron 10 g de coagulante orgánico en 0,8 litros en el agua tratada a través del test de jarras.

La eficiencia del biocoagulante harina de tarwi (*Lupinus mutabilis*), variedad blanca, en la reducción de turbidez del agua con niveles 22,45; 33,45 y 43,93 NTU fue similar a la harina de tarwi variedad chaleco. Sin embargo, la eficiencia del coagulante natural de ambas variedades de tarwi disminuyó a medida que aumentaron los niveles de turbidez y las cantidades aplicadas, probablemente porque las harinas de tarwi funcionan mediante los mecanismos de formación de puentes y adsorción.

Se verificó que el coagulante orgánico a base de harina tarwi (*Lupinus mutabilis*) presento efecto significativo en la reducción de turbidez mientras que los parámetros de pH, conductividad y temperatura se mantuvieron constantes.

Según los resultados obtenidos, el coagulante natural de tarwi (*Lupinus mutabilis*) demostró una efectividad positiva para su aplicación en muestras con turbidez baja. Además, se verificó que no existe alteraciones en el pH, conductividad eléctrica y temperatura de las muestras de agua, lo que es ventajoso ya que no requiere ajustes en el pH. Por lo que se recomendaría el uso de la harina desgrasada de tarwi para el tratamiento del agua potable en el distrito de Pampas, con el objetivo de mejorar la calidad del agua en las zonas rurales de la región, donde el acceso a agua saludable y de buena calidad puede contribuir a combatir la anemia y desnutrición relacionadas con el consumo de agua de baja calidad.

VII. RECOMENDACIONES

Para futuros ensayos, se recomienda ampliar la evaluación del coagulante natural de tarwi (*Lupinus mutabilis*) considerando otros parámetros fisicoquímicos, como la Demanda Química de Oxígeno (DQO), la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y los sólidos suspendidos. También se sugiere realizar análisis microbiológicos para determinar si la harina de tarwi afecta algún aspecto del agua. Además, se recomienda experimentar con diferentes cantidades del coagulante para identificar los valores óptimos de turbidez que no excedan los valores óptimos establecido en el DS N° 031-2010-SA. Finalmente, es recomendable investigar cantidad, tratamiento y posible uso de los lodos generados en el proceso de coagulación utilizando coagulantes orgánicos a base de harina de tarwi, con la finalidad de maximizar la eficiencia del tratamiento y minimizar posibles impactos ambientales.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Al-Wasify, R. S., Hamed, S. R., & Ragab, S. (2023). Assessing the potential of de-oiled peanut (*Arachis hypogea*) seeds for surface water treatment: A sustainable alternative to chemical coagulants. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*. <https://doi.org/10.1016/J.EJAR.2023.04.003>
- Alvarado, J., y Marrache, I. (2021). Agua y saneamiento en el Perú: estado, retos y reflexiones 1 2 water and sanitation in Perú: status, challenges and reflections. *Revista de Derecho Administrativo*, 383–410. <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/derechoadministrativo/article/view/24314>
- ANA. (2016). Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales. In *Ministerio de Agricultura y Riego* (p. 92). <http://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/209>
- ANA. (2020). *Glosario de Términos de la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos y su Reglamento* (D.S. N° 001-2010-AG). https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1410225/RJ_151-2020-ANA.pdf?v=1603997268
- Aranda, J., y Bocanegra, G. (2018). "Evaluación de parámetros durante la extrusión de una mezcla de harinas de tarwi (*Lupinus mutabilis*) y arroz (*Oryza sativa*) para la producción de un snack". [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Santa]. <http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/2741/30760.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0Ahttp://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3071>
- Arcos, E., y Huaman, A. (2019). Evaluación de la concentración de la semilla de *Cassia fistula* como coagulante natural y el tiempo de agitación , en el tratamiento de aguas para la potabilización en la Unidad Minera Poderosa – Huancavelica. <https://www.semanticscholar.org/paper/Evaluaci%C3%B3n-de-la-concentraci%C3%B3n-de-la-semilla-de-y-%E2%80%93-Arcos-Huaman/6492cd85bb4266aa41c58c2d869eb85e21e84e6f>
- Benalia, A., Derbal, K., Amrouci, Z., Baatache, O., Khalfaoui, A., & Pizzi, A. (2024). Application of Plant-Based Coagulants and Their Mechanisms in Water Treatment: A Review. *Journal of Renewable Materials*, 12(4), 667–698. <https://doi.org/10.32604/JRM.2024.048306>

- Benarte, M., & Romero, W. (2020). *Actividad coagulante de la semilla Passiflora pinnatistipula en aguas de la cuenca baja del Río Bogotá* [Tesis Pregrado Universidad El Bosque]. <https://repositorio.unbosque.edu.co/handle/20.500.12495/5459>
- Berru, L. B., Glorio-Paulet, P., Basso, C., Scarafoni, A., Camarena, F., Hidalgo, A., & Brandolini, A. (2021). Chemical Composition, Tocopherol and Carotenoid Content of Seeds from Different Andean Lupin (*Lupinus mutabilis*) Ecotypes. *Plant Foods for Human Nutrition (Dordrecht, Netherlands)*, 76(1), 98–104. <https://doi.org/10.1007/S11130-021-00880-0>
- Bravo, F. (2021). *Uso de semilla de Moringa oleifera como biocoagulante natural para mejorar la calidad del agua proveniente del río Ahuashiyacu - Tarapoto* [Tesis Postgrado Universidad Nacional de San Martín]. [https://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/11458/4349/5/MAEST. GEST. AMB. - Franklin Bravo Vidaurre](https://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/11458/4349/5/MAEST.GEST.AMB.-FranklinBravoVidaurre).
- Breña Diaz, D. A. (2018). Obtencion de un aislado proteico de torta de tarwi (*Lupinus mutabilis Sweet*) y evaluacion de sus propiedades tecno-funcionales. *Universidad Nacional Agraria La Molina*, 97. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3802%0Ahttp://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3802/breña-diaz-daniel-angel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Brincano Castillo, L. E., y Rosario Cacha, N. P. (2017). Eficiencia del *Tropaeolum Tuberosum* y la cáscara de *Solanum Tuberosum* como coagulante para la remoción de turbiedad, color y sólidos disueltos, en el Río Lullán, Provincia De Caraz, Ancash-2016. *Ciencia e Investigación*, 4(1), 78–79.
- Cañari, A., y Leon, K. (2022). *Reducción de turbidez mediante los coagulantes naturales (moringa oleifera) y (opuntia ficus-indica) en aguas superficiales de la quebrada huaycoloro* [Universidad Privada del Norte]. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/33816>
- Carrizales, R., y Enriquez, N. (2019). “*Determinación de la dosis y concentración óptima del coagulante de Moringa oleifera en la clarificación del agua de la quebrada Taczanapampa de la Ciudad de Huancavelica*” [Tesis de Pregrado Universidad Nacional de Huancavelica].

- <http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/2628/Tesis-2019-Ing.Ambiental-Carrizales Condori y Enríquez Nateros.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Charapaqui, J. (2023). Acción coagulante de la tuna, tara, mashua en el tratamiento de aguas del Rio Ichu Huancavelica 2020 [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional Federico Villareal]. In *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952. (Vol. 1). [https://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13084/7243/Tesis doctorado 2023 - UNFV - Juan Charapaqui Anccasi \(1\).pdf?sequence=5](https://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13084/7243/Tesis doctorado 2023 - UNFV - Juan Charapaqui Anccasi (1).pdf?sequence=5)
- Chua, S. C., Show, P. L., Chong, F. K., & Ho, Y. C. (2020b). Lentil waste as novel natural coagulant for agricultural wastewater treatment. *Water Science and Technology: A Journal of the International Association on Water Pollution Research*, 82(9), 1833–1847. <https://doi.org/10.2166/WST.2020.409>
- Coila, M., Rojas, H. J., Salamanca, W., y Calatayud, A. (2019). Influencia del consumo de agua potable sobre la anemia infantil en las regiones del Perú 2010-2018. *Ñawparisun - Revista de Investigación Científica*, 2(2019), 31–42. <http://repositorio.unaj.edu.pe:8080/handle/UNAJ/68>
- Condori, M., y Gaspar, A. (2019). *Uso de la vicia faba para la remocion de la turbiedad del agua del rio Ichu - Huancavelica.*
- Curipaco, W., y Dueñas, R. (2021). Eficiencia del almidón de trigo *triticum aestivum l.* como coagulante natural para disminución de la turbiedad, del Rio Casma distrito de Izcuchaca Huancavelica 2019”. *Repositorio Institucional - UNH*, 80. <https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/4e958359-2b30-4dc6-b804-f2c3a6c76bf8/content>
- DIGESA. (2010). *Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano.* http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/Reglamento_Calidad_Agua.pdf
- Diver, D., Nhapi, I., & Ruziwa, W. R. (2023). The potential and constraints of replacing conventional chemical coagulants with natural plant extracts in water and wastewater treatment. *Environmental Advances*, 13, 100421. <https://doi.org/10.1016/J.ENVADV.2023.100421>
- Fortes, A. C. C., Barrocas, P. R. G., & Kligerman, D. C. (2023). Water quality indices: Construction, potential, and limitations. *Ecological Indicators*, 157, 111187.

<https://doi.org/10.1016/J.ECOLIND.2023.111187>

Gandiwa, B. I., Moyo, L. B., Ncube, S., Mamvura, T. A., Mguni, L. L., & Hlabangana, N. (2020). Optimisation of using a blend of plant based natural and synthetic coagulants for water treatment: (Moringa Oleifera-Cactus Opuntia-alum blend). *South African Journal of Chemical Engineering*, 34, 158–164. <https://doi.org/10.1016/J.SAJCE.2020.07.005>

Gómez, Jorge y Medina, B. (2021). *Determinación de la capacidad coagulante de las semillas de papaya (Carica papaya) para la remoción de turbidez en el tratamiento de aguas superficiales*. [Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil]. <https://repositorio.unbosque.edu.co/server/api/core/bitstreams/b8cc9f3c-2833-4580-897f-f975ea57d96a/content>

Hernández, R., fernández, C., y Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación*.

Hídricos, P. M. de E. de los R. (2009). *Hechos y cifras, el 3er informe sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo: el agua en un mundo en constante cambio*. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000374903_spa

INEI. (2019). Perú: Indicadores de Resultados de los Programas Presupuestales, Primer Semestre - ENDES. *Instituto Nacional de Estadística e Informática*, 144–145. https://proyectos.inei.gob.pe/endes/2019/ppr/Indicadores_de_Resultados_de_los_Programas_Presupuestales_ENDES_Primer_Semestre_2019.pdf

INEI. (2020). “Perú: Formas de Acceso al Agua y Saneamiento Básico”. Instituto Nacional de Estadística e Informática. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin_agua_junio2020.pdf

Jaramillo, P. (2020). *Análisis de la efectividad de coagulantes a base de taninos para el tratamiento de aguas residuales procedentes de la Industria Láctea* (Vol. 21, Issue 1) [Tesis de Pregrado, Universidad de las Americas]. <https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/12052/1/UDLA-EC-TIAM-2020-05>.

Khan, Z., Chatti, W., & Xufeng, Z. (2024). Public Energy R&D Spending and Green Energy for Sustainable Development: COP28 Perspective of G7 Economies. *Energy*, 133754. <https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2024.133754>

- López, M. (2018). Evaluación del uso de la cactácea *Opuntia ficus-indica* como coagulante natural para el tratamiento de aguas. *Universidad Nacional Agraria La Molina*, 131. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3541>
- Maldonado Valle, B. M., Taboada Belmonte, G. C., y Monasterios Yapu, S. P. (2023). Evaluación del pan integral elaborado con harina de tarwi (*Lupinus mutabilis*) en el municipio de Viacha. *CIBUM SCIENTIA*, 2(1), 49–65. <https://doi.org/10.53287/ijks7177db33b>
- Massa, L. (2021). “*Semillas de Guanábana (Anona moricata) como coagulante-floculante orgánico en el tratamiento de aguas residuales domésticas del cercado de Ica. 2019.* 69.
- Montenegro, I. (2021). *Remoción de turbidez del agua utilizando cono de pino como coagulante natural, Tarapoto- San Martín* [Tesis Pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/9830/Montenegro_Fernández_Itala_Isabeth.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ñaupas, H., Mejía, E., Novoa, E., y Paucar, V. (2014). *Metodología de la investigación cuantitativa - cualitativa y redacción de la ... - Humberto Ñaupas Paitán, Elías Mejía Mejía, Eliana Novoa Ramírez, Alberto Villagómez Paucar - Google Libros.* https://books.google.com.pe/books?id=VzOjDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- NTP 205.006:2017. (2017). *Normas Técnicas Peruanas | Inacal Perú.* <https://www.inacal.gob.pe/cid/categoria/normas-tecnicas-peruanas>
- NTP205.002:2021. (2015). *Normas Técnicas Peruanas | Inacal Perú.* <https://www.inacal.gob.pe/cid/categoria/normas-tecnicas-peruanas>
- OMS. (2021). *Informe Panorama Nutricional OMS FAO: El hambre en América Latina y el Caribe aumentó en 13,8 millones de personas en solo un año - OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud.* <https://www.paho.org/es/noticias/7-12-2021-informe-panorama-nutricional-oms-fao-hambre-america-latina-caribe-aumento-138>
- ONU. (2023). *¿En qué consiste el desarrollo sostenible? - Desarrollo Sostenible.* <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2023/08/what-is-sustainable->

development/

- Pascual-Chagman, G., Santa-Cruz-Olivos, J., Hidalgo, A., Benavente, F., Carmen Pérez-Camino, M., Sotelo-Mendez, A., Paucar-Menacho, L. M., y Encina-Zelada, C. R. (2021). Aceite de *Lupinus mutabilis* obtenido por prensa expeller: Análisis de rendimiento, caracterización fisicoquímica, capacidad antioxidante, ácidos grasos y estabilidad oxidativa.[Aceite de *Lupinus mutabilis* obtenido por prensa expeller: Análisis de rendimiento, caracterización fisicoquímica, capacidad antioxidante, ácidos grasos y estabilidad oxidativa]. *Scientia Agropecuaria*, 12(2), 219–227. <https://doi.org/10.17268/SCI.AGROPECU.2021.025>
- Perez, F., y Urrea, M. A. (2018). Abastecimiento de Aguas. *Abastecimiento De Aguas, Coagulacion Y Floculacion*, 1–34.
- PTAP. (2021). “Planta de tratamiento de agua potable en el distrito de Pampas.” <https://www.youtube.com/watch?v=WN2t-g7nbnQ>
- Putra, B. T. W., Rocelline, L. A., & Syahputra, W. N. H. (2022). Embedded system in handheld water turbidity meter for smallholders. *Microprocessors and Microsystems*, 93(July), 104603. <https://doi.org/10.1016/j.micpro.2022.104603>
- RDST. (2024). *Red de Salud Tayacaja*.
- Tapia, M. (2015). *El tarwi o Lupino Andino*. <https://fadvamerica.org/wp-content/uploads/2017/04/TARWI-espanol.pdf>
- Tijjani, I. M., Lee, F. W., Ho, Y. C., Khaw, H. P., Chong, Q. W., Kee, Y. M., Lim, J. W., & Show, P. L. (2023). Evaluation of *Annona diversifolia* Seed Extract as A Natural Coagulant for Water Treatment. *Sustainability 2023, Vol. 15, Page 6324, 15(7)*, 6324. <https://doi.org/10.3390/SU15076324>
- Un-Water. (2022). *Indicador 6.1.1 “Proporción de la población que utiliza servicios de agua potable gestionados de manera segura” | ONU-Agua*. <https://www.unwater.org/our-work/integrated-monitoring-initiative-sdg-6/indicador-611-proportion-population-using-safely>
- Vargas, Z. (2009). La Investigación aplicada: Una forma de conocer las realidades con evidencia científica. *Revista Educación*, 33(1), 155–165. <http://revistas.ucr.ac.cr/index.php/educacion/article/view/538>

- Villanueva, A., y Ávila, J. (2019). *Análisis de calidad del agua (turbiedad y color) de un sistema de filtración de flujo ascendente construido con materiales granulares para bajantes de agua lluvia.*
- Yimer, A., & Dame, B. (2021). Papaya seed extract as coagulant for potable water treatment in the case of Tulte River for the community of Yekuset district, Ethiopia. *Environmental Challenges*, 4, 100198. <https://doi.org/10.1016/J.ENVC.2021.100198>
- Zabaleta, A. (2018). Tarwi (*L. mutabilis*) 1–168. <https://docplayer.es/209812623-Lupinus-mutabilis-tarwi.html>

IX. ANEXOS

Anexo 1

Tabla 28

Determinación de materia grasa de 2 variedades de harina de tarwi (blanca y chaleco)

HARINA DE TARWI DESAMARGADO					
VARIEDAD BLANCA					
PB2 (g)	PB1 (g)	Peso muestra (g)	% grasa	PROM.	DESV.
202,2522	201,7767	2	23,775	24,10166667	0,231024289
202,2505	201,7651	2	24,270		
202,2587	201,7735	2	24,260		
VARIEDAD CHALECO					
PB2 (g)	PB1 (g)	Peso muestra(g)	% grasa	PROM.	DESV.
202,1685	201,7186	2	22,495	22,01166667	0,701288497
202,1712	201,7208	2	22,520		
202,1511	201,7307	2	21,020		
HARINA DE TARWI DESGRASADO					
VARIEDAD BLANCA					
PB2	PB1	peso muestra	% grasa	PROM.	DESV.
201,7337	201,7143	2	0,97	0,526666667	0,338066397
201,7106	201,7014	2	0,460		
201,7057	201,7027	2	0,150		
VARIEDAD CHALECO					
PB2 (g)	PB1 (g)	Peso muestra (g)	% grasa	PROM.	DESV.
201,7371	201,7035	2	1,68	0,846666667	0,630586147
201,7155	201,7014	2	0,705		
201,7086	201,7055	2	0,1550		

Donde:

PB2: Peso de balón 2

PB1: Peso de balón 1

Anexo 2

Tabla 29

Determinación de humedad de harina de tarwi desamargado y desgrasado de dos variedades (blanca y chaleco)

VARIEDAD	REP.	Peso de placa (g)	Muestra (g)	Peso de placa más muestra (g)	Peso después de 4 horas (g)	Muestra seca (g)	% Humedad	Peso después de 5 horas (g)	Muestra seca (g)	% Humedad	Peso después de 6 horas (g)	Muestra seca (g)	% Humedad	Peso después de 7 horas (g)	Muestra seca (g)	% Humedad	Promedio de humedad (%).	DESV.	
BLANCA	DESAMARGADO																		
	R1	46,0651	5,0182	51,0833	50,5749	4,5098	10,13	50,5726	4,5075	10,18	50,5722	4,5071	10,18	50,573	4,5075	10,18	10,10	0,1530	
	R2	46,2335	5,0369	51,2704	50,7612	4,5277	10,11	50,7568	4,5233	10,20	50,7558	4,5223	10,22	50,755	4,5216	10,23			
	R3	46,149	5,0220	51,1706	50,6614	4,5128	10,14	50,6551	4,5065	10,26	50,6749	4,5263	09,87	50,674	4,5257	9,88			
	DESGRASADO																		
	R1	45,9100	5,0027	50,9127	50,4083	4,4983	10,08	50,4029	4,4929	10,19	50,4026	4,4926	10,20	50,402	4,4922	10,20	9,71	0,3523	
	R2	46,743	5,0079	51,7510	51,2876	4,5445	09,25	51,2841	4,5410	09,32	51,2833	4,5402	09,34	51,281	4,5376	9,39			
	R3	46,787	5,0062	51,7930	51,3202	4,5334	09,44	51,3158	4,5290	09,53	51,3151	4,5283	09,55	51,315	4,5282	9,55			
	CHALECO	DESAMARGADO																	
R1		46,6430	5,0106	51,6536	51,1526	4,5096	10,00	51,1516	4,5086	10,02	51,1505	4,5075	0,1004	51,151	4,5079	10,03	10,05	0,0594	
R2		45,736	5,0016	50,7378	5,2407	4,5045	09,94	50,2391	4,5029	09,97	50,2379	4,5017	0,0999	50,238	4,5021	9,99			
R3		46,787	5,0062	51,7930	51,2860	4,4992	10,13	51,2845	4,4977	10,16	51,2856	4,4988	0,1014	51,286	4,4991	10,13			
DESGRASADO																			
R1		45,9547	5,0010	50,9557	50,4689	4,5142	09,73	50,4625	4,5078	09,86	50,4636	4,5089	0,0984	50,4618	4,5071	9,88	9,83	0,0517	
R2		46,7513	5,0396	51,7909	51,2985	4,5472	09,77	51,2955	4,5442	09,83	51,2959	4,5446	0,0982	51,294	4,543	9,85			
R3	47,2590	5,0108	52,2698	51,7887	4,5297	09,60	51,7824	4,5234	09,73	51,7816	4,5226	0,0974	51,781	4,5219	9,76				

Anexo 3

Tabla 30

Resultado de medición de parámetros fisicoquímicos iniciales de muestra de agua colectada al ingreso de la PTAP - Pampas

Rep.	Turbidez inicial (NTU)	\bar{x}	DESV	Rep.	pH inicial	\bar{x}	DESV	Rep.	Conductividad inicial ($\mu\text{S/m}$)	\bar{x}	DESV
R1	22,24	22,453	1,212	R1	7,59	7,466	0,169	R1	75	80	3.559
R2	25,11			R2	7,22			R2	83		
R3	23,01			R3	7,57			R3	82		
Rep.	Turbidez inicial (NTU)	\bar{x}	DESV	Rep.	pH inicial	\bar{x}	DESV	Rep.	conductividad inicial ($\mu\text{S/m}$)	\bar{x}	DESV
R1	33,76	33,4516	2,276	R1	7,41	7,283	0,095	R1	77	80	2,943
R2	30,52			R2	7,18			R2	84		
R3	36,07			R3	7,26			R3	79		
					7,43						
Rep.	turbidez inicial (NTU)	\bar{x}	DESV	Rep.	pH inicial	\bar{x}	DESV	Rep.	conductividad inicial ($\mu\text{S/m}$)	\bar{x}	DESV
R1	46,30	43,933	1,841	R1	7,23	7,353	0,106	R1	69	65	2,943
R2	43,69			R2	7,34			R2	64		
R3	41,81			R3	7,49			R3	62		

Anexo 4

Tabla 31

Medición de parámetros fisicoquímicos de muestra de agua colectada al ingreso de la PTAP – Pampas

MUESTRA 1: 22,45 NTU

HARINA DE TARWI VARIEDAD BLANCA													
Valor inicial		Turbiedad inicial: 22.45 NTU				pH inicial: 7.46				Conductividad inicial: 82 µS/cm			
Coagulante natural		Turbiedad residual				pH residual				Conductividad residual			
N° jarra	Cantidad (g)	R1	R2	R3	\bar{x}	R1	R2	R3	\bar{x}	R1	R2	R3	\bar{x}
1	0,5	2,84	2,85	2,33	2,84	7,48	7,31	7,38	7,38	80	82	85	82
2	1	3,21	3,4	3,58	3,40	7,49	7,45	7,4	7,45	81	83	84	83
3	1,5	4,25	3,86	4,49	4,25	7,48	7,51	7,36	7,48	82	80	86	82
4	2	4,74	4,09	4,3	4,30	7,57	7,51	7,46	7,51	81	83	89	83
5	2,5	5,01	5,29	5,13	5,13	7,5	7,52	7,39	7,5	82	91	84	84
6	3	6,28	6,14	6,76	6,28	7,44	7,58	7,52	7,52	84	82	79	82
HARINA DE TARWI VARIEDAD CHALECO													
Coagulante natural		Turbiedad residual				pH residual				Conductividad residual			
N° jarra	Cantidad (g)	R1	R2	R3	\bar{x}	R1	R2	R3	\bar{x}	R1	R2	R3	\bar{x}
1	0,5	3,71	3,46	3,69	3,69	7,39	7,44	7,41	7,41	88	74	76	76
2	1	4,16	4,34	4,48	4,34	7,4	7,27	7,39	7,39	79	85	72	79
3	1,5	5,01	4,74	5,35	5,01	7,36	7,28	7,35	7,35	84	78	72	78
4	2	5,91	5,98	6,33	5,98	7,33	7,26	7,39	7,33	89	74	78	78
5	2,5	6,19	6,51	6,71	6,51	7,3	7,41	7,29	7,3	83	80	76	80
6	3	7,52	7,69	7,5	7,52	7,32	7,34	7,37	7,34	84	79	81	81

MUESTRA 2: 33,45 NTU

HARINA DE TARWI VARIEDAD BLANCA													
Valor inicial		Turbidez inicial: 33.45 NTU				pH inicial: 7.28				Conductividad inicial: 80 µS/cm			
Coagulante natural		Turbiedad residual				pH residual				Conductividad residual			
N° jarra	Cantidad (g)	R1	R2	R3	\bar{x}	R1	R2	R3	\bar{x}	R1	R2	R3	\bar{x}
1	0,5	4,39	3,98	4,23	4,23	7,8	7,13	7,21	7,21	89	85	88	88
2	1	5,89	5,84	5,92	5,89	7,16	7,6	7,11	7,16	84	80	83	83
3	1,5	6,34	5,87	6,29	6,29	7,33	7,26	7,14	7,26	75	85	79	79
4	2	7,14	7,59	7,66	7,59	7,35	7,1	7,23	7,23	71	68	82	71
5	2,5	8,37	8,27	8,33	8,33	7,29	7,32	7,44	7,32	69	70	78	70
6	3	7,68	7,88	7,78	7,78	7,41	7,67	7,3	7,41	73	81	68	73

HARINA DE TARWI VARIEDAD CHALECO													
Coagulante natural		Turbiedad residual				pH residual				Conductividad residual			
N° jarra	Cantidad (g)	R1	R2	R3	\bar{x}	R1	R2	R3	\bar{x}	R1	R2	R3	\bar{x}
1	0,5	6,06	5,91	6,12	6,06	7,08	7,14	7,03	7,08	88	84	91	88
2	1	6,33	6,81	6,54	6,54	7,16	7,33	7,09	7,16	94	86	87	87
3	1,5	7,25	6,51	7,09	7,09	7,22	7,35	7,42	7,35	87	89	90	89
4	2	10,34	10,56	11,02	10,56	7,14	7,39	7,12	7,14	91	84	97	91
5	2,5	10,01	11,37	11,44	11,37	7,33	7,54	7,21	7,33	94	96	80	94
6	3	13,87	12,58	12,15	12,58	7,18	7,29	7,37	7,29	95	97	84	95

MUESTRA 3: 43,93 NTU

HARINA DE TARWI VARIEDAD BLANCA													
Valor inicial		Turbidez inicial: 33.45				pH inicial: 7.28				Conductividad inicial: 80 µS/cm			
Coagulante natural		Turbiedad residual				pH residual				Conductividad residual			
N° jarra	Cantidad (g)	R1	R2	R3	\bar{x}	R1	R2	R3	\bar{x}	R1	R2	R3	\bar{x}
1	0,5	9,13	10,1	10,03	10,03	7,2	7,12	7,22	7,2	69	61	72	69
2	1	9,96	10,42	10,27	10,27	7,32	7,45	7,1	7,32	70	66	79	70
3	1,5	11,13	11,17	11,63	11,17	7,26	7,41	7,33	7,33	67	70	69	69
4	2	12,03	12,3	11,96	12,03	7,31	7,46	7,39	7,39	73	68	64	68
5	2,5	13,22	12,7	12,91	12,91	7,42	7,45	7,37	7,42	65	69	76	69
6	3	13,75	13,38	13,17	13,38	7,46	7,49	7,45	7,46	66	71	72	71

HARINA DE TARWI VARIEDAD CHALECO													
Coagulante natural		Turbiedad residual				pH residual				Conductividad residual			
N° jarra	Cantidad (g)	R1	R2	R3	\bar{x}	R1	R2	R3	\bar{x}	R1	R2	R3	\bar{x}
1	0,5	10,43	10,46	10,33	10,43	7,12	7,26	7,22	7,22	82	78	85	82
2	1	11,78	11,6	10,96	11,6	7,23	7,31	7,33	7,31	80	73	85	80
3	1,5	12,72	12,98	12,41	12,72	7,16	7,23	7,44	7,23	79	73	84	79
4	2	13,72	13,3	13,64	13,64	7,32	7,2	7,25	7,25	76	84	88	84
5	2,5	14,3	14,67	14,51	14,51	7,28	7,09	7,26	7,26	78	77	91	78
6	3	15,76	15,04	15,2	15,2	7,34	7,23	7,28	7,28	76	80	86	80

Anexo 5

Colecta y acondicionamiento de muestras de tarwi



Figura 13. *Colecta de tarwi*



Figura 14. *Tarwi variedad blanca*



Figura 15. *Tarwi variedad chaleco*



Figura 16. *Clasificación de muestras de tarwi*

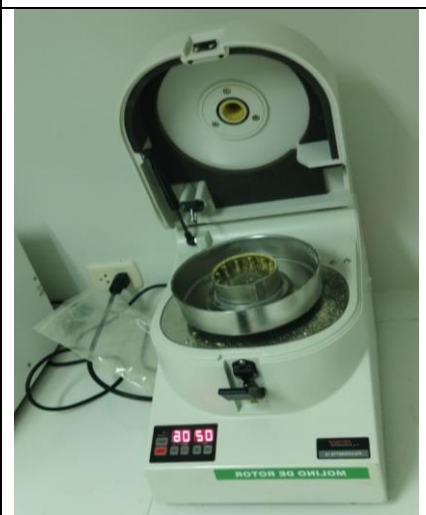


Figura 17. *Molienda de tarwi*



Figura 18. *Tamizado de harina con malla N° 40*



Figura 19. *Tamizado de harina con malla N° 30*

Anexo 6

Determinación de parámetros fisicoquímicos de muestras de agua colectadas al ingreso de la PTAP - Pampas.



Figura 20. Equipos para la medición de turbidez y parámetros fisicoquímicos del agua



Figura 21. Medición de turbidez del agua



Figura 22. Medición de conductividad del agua



Figura 23. Medición de pH del agua

Anexo 7

Laboratorio externo - uso y manejo de equipo test de jarras y complementos



Figura 24. Capacitación en laboratorio externo para manejo de equipo test de jarras y complementos



Figura 25. Laboratorio y equipos para determinar parámetros fisicoquímicos de muestras del agua recolectado al ingreso de la PTAP del distrito de Pampas

Anexo 8

Desgrasado de harina de tarwi dos variedades (blanca y chaleco)

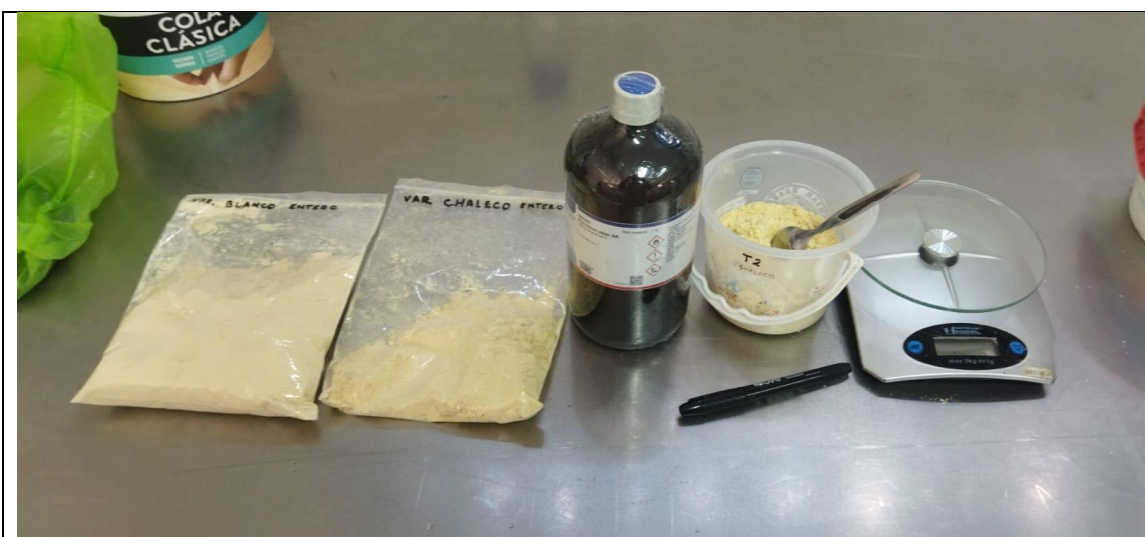


Figura 26. *Acondicionamiento de harina de tarwi y reactivo*

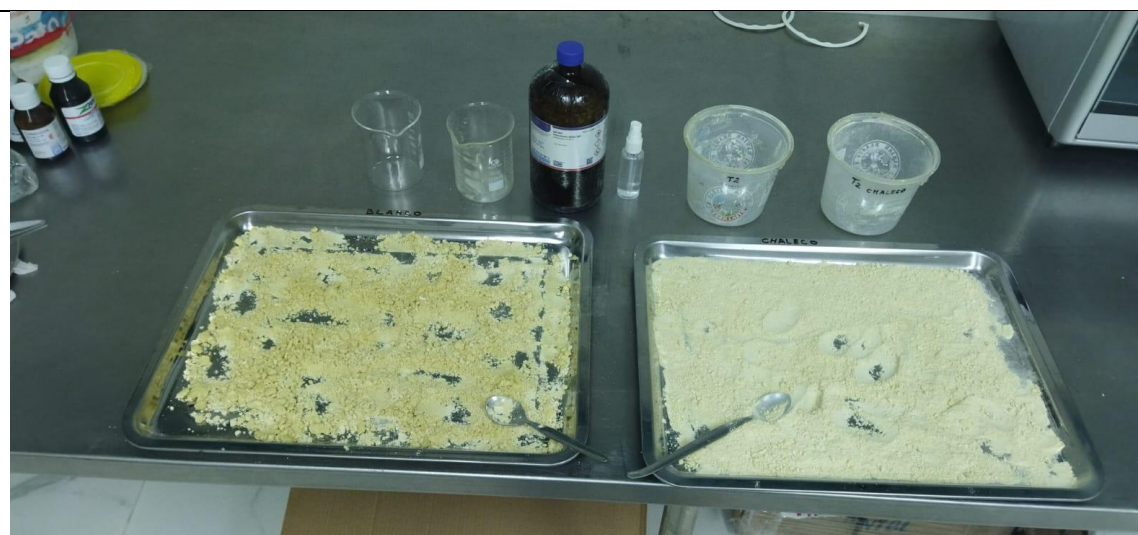








Figura 27. *Secado de harina de tarwi desgrasado*

Anexo 9

Extracción de materia grasa mediante equipo Soxhlet

		
<p>Figura 28. <i>Acondicionamiento de harina de tarwi</i></p>	<p>Figura 29. <i>Pesado de harina de tarwi</i></p>	<p>Figura 30. <i>Pesado balón</i></p>
		
<p>Figura 31. <i>Desgrasado de harina método Soxhlet</i></p>	<p>Figura 32. <i>Enfriado de balón</i></p>	<p>Figura 33. <i>Grasa de tarwi</i></p>

Anexo 10

Pruebas preliminares utilizando extractos de harina de tarwi

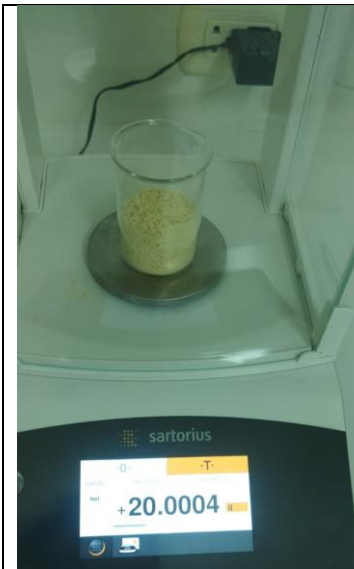


Figura 34. *Pesado de harina*

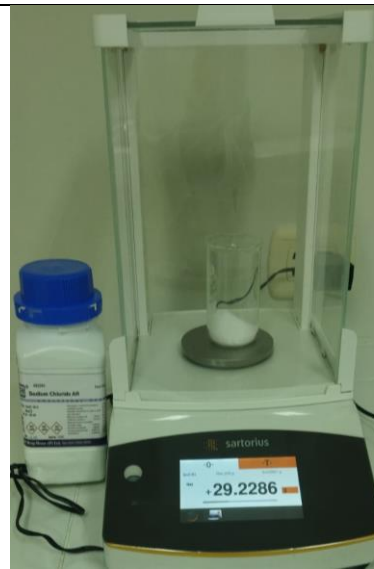


Figura 35. *Adición de Cloruro de sodio*



Figura 36. *Homogenización*



Figura 37. *Centrifugación*



Figura 38. *Separación de extracto*

Anexo 11

Recolección de muestras de agua, acondicionamiento y pruebas en laboratorio de la PTAP - Pampas



Figura 39. *Colecta de muestra de agua*



Figura 40. *Traslado a laboratorio*



Figura 41. *Mediciones iniciales del agua*

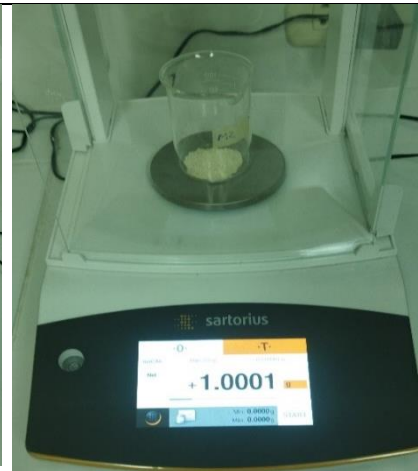
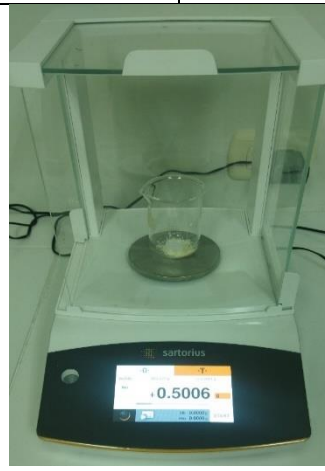


Figura 42 y 43. *Pesado de harinas*



Figura 44. *Prueba de jarras*



Figura 45. *Registro de datos*


Anexo 12

Resultados de pruebas en laboratorio


		
<p>Figura 46. <i>Residuos de agua tratada</i></p>	<p>Figura 47. <i>Sedimento de agua tratada</i></p>	<p>Figura 48. <i>Resultado para análisis</i></p>
		
<p>Figura 49. <i>Turbiedad residual M1</i></p>	<p>Figura 50. <i>Turbiedad residual M2</i></p>	<p>Figura 51. <i>Turbiedad residual M3</i></p>

Anexo 13

Informe de Ensayo de parámetros fisicoquímicos iniciales de muestra de agua colectada al ingreso de la PTAP – Pampas



DELTA LAB S.A.C



Registro N° LE - 077

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL – DA
CON REGISTRO CON REGISTRO N° LE-077

Pág. 1 de 3

INFORME DE ENSAYO N°240272

8.


1. Cliente : Nilton Cesar Pariona Gutiérrez
2. Domicilio legal : Jr. María parado de Bellido S/N Ahuaycha – Tayacaja – Huancavelica.
3. Producto : Agua Cruda – afluente de PTAP
4. Referencia del cliente : Agua antes del tratamiento (afluente PTAP Pampas – Tayacaja).
5. Procedencia de las muestras : Muestreado por el cliente indicando lugar de muestreo: PTAP Pampas.
6. Referencia del plan de muestreo distintas. : Punto de muestreo de un solo punto con 03 muestras en 03 fechas
7. Procedimiento de muestreo : Protocolo de monitoreo de la calidad de afluentes.
8. Fechas de recepción de las muestras : 2024/02/27 (L1) 2024/03/02 (L2) 2024/03/07 (L3)
9. Fechas de inicio del ensayo : 2024/02/28 2024/03/03 2024/03/08
10. Fechas de término del ensayo : 2019/02/28 2024/03/03 2024/03/08

11. Resultado de muestras (Lote N° 1)

Código de Laboratorio: 240272 - 1		Estación de Muestras: II		Fecha de Muestreo: 2024/02/26 Hora: 10:15 am Tipo de muestra: Agua Cruda – afluente de PTAP (1)	
Método de Referencia	Ensayo	Límite de Detección del Método	Límite de Cuantificación del Método	Resultado	Unidad
APHA 2130 B	Turbiedad	-	0.40	22.24	NTU
APHA 4500 H B	Potencial de Hidrogeno	-	-	7.59	Unid. pH
APHA 2510 B	Conductividad	1 µS/cm	-	75	µS/cm

Código de Laboratorio: 240272 - 2		Estación de Muestras: II		Fecha de Muestreo: 2024/02/26 Hora: 10:25 am Tipo de muestra: Agua Cruda – afluente de PTAP (1)	
Método de Referencia	Ensayo	Límite de Detección del Método	Límite de Cuantificación del Método	Resultado	Unidad
APHA 2130 B	Turbiedad	-	0.40	25.11	NTU
APHA 4500 H B	Potencial de Hidrogeno	-	-	7.22	Unid. pH
APHA 2510 B	Conductividad	1 µS/cm	-	83	µS/cm

Código de Laboratorio: 240272 - 3		Estación de Muestras: II		Fecha de Muestreo: 2024/02/26 Hora: 10:35 am Tipo de muestra: Agua Cruda – afluente de PTAP (1)	
Método de Referencia	Ensayo	Límite de Detección del Método	Límite de Cuantificación del Método	Resultado	Unidad
APHA 2130 B	Turbiedad	-	0.40	23.01	NTU
APHA 4500 H B	Potencial de Hidrogeno	-	-	7.57	Unid. pH
APHA 2510 B	Conductividad	1 µS/cm	-	82	µS/cm



EDSON CASTANEDA FOSORIO
JEFE DE LABORATORIO DE FISICOQUIMICO

Este Certificado no podrá ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de DELTA LAB S.A.C.
Los resultados presentados corresponden solo a los parámetros mencionados

Av. Carretera Central Km. 9.3 Mz. "A" Lt. 6 As. Ntra. Sra. de La Merced – Ate – Lima 03 – PERÚ
Telefax: (511) 3560230 Celular: 993571972 Email: servicioalcliente@deltalabsac.com www.deltalabsac.com



12. Resultado de muestras (Lote N° 2)

Código de Laboratorio: 240320 - 4		Estación de Muestras: II		Fecha de Muestreo: 2024/03/01 Hora: 09:10 am Tipo de muestra: Agua Cruda - afluente de PTAP (2)	
Método de Referencia	Ensayo	Límite de Detección del Método	Límite de Cuantificación del Método	Resultado	Unidad
APHA 2130 B	Turbiedad	-	0.40	33.76	NTU
APHA 4500 H B	Potencial de Hidrogeno	-	-	7.41	Unid. pH
APHA 2510 B	Conductividad	1 µS/cm	-	77	µS/cm

Código de Laboratorio: 240320 - 5		Estación de Muestras: II		Fecha de Muestreo: 2024/03/01 Hora: 09:20 am Tipo de muestra: Agua Cruda - afluente de PTAP (2)	
Método de Referencia	Ensayo	Límite de Detección del Método	Límite de Cuantificación del Método	Resultado	Unidad
APHA 2130 B	Turbiedad	-	0.40	30.52	NTU
APHA 4500 H B	Potencial de Hidrogeno	-	-	7.18	Unid. pH
APHA 2510 B	Conductividad	1 µS/cm	-	84	µS/cm

Código de Laboratorio: 240320 - 6		Estación de Muestras: II		Fecha de Muestreo: 2024/03/01 Hora: 09:30 am Tipo de muestra: Agua Cruda - afluente de PTAP (2)	
Método de Referencia	Ensayo	Límite de Detección del Método	Límite de Cuantificación del Método	Resultado	Unidad
APHA 2130 B	Turbiedad	-	0.40	36.07	NTU
APHA 4500 H B	Potencial de Hidrogeno	-	-	7.26	Unid. pH
APHA 2510 B	Conductividad	1 µS/cm	-	79	µS/cm

8.

13. Resultado de muestras (Lote N° 3)

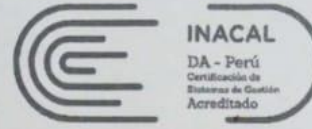
Código de Laboratorio: 240360 - 7		Estación de Muestras: II		Fecha de Muestreo: 2024/03/06 Hora: 09:45 am Tipo de muestra: Agua Cruda - afluente de PTAP (3)	
Método de Referencia	Ensayo	Límite de Detección del Método	Límite de Cuantificación del Método	Resultado	Unidad
APHA 2130 B	Turbiedad	-	0.40	46.3	NTU
APHA 4500 H B	Potencial de Hidrogeno	-	-	7.23	Unid. pH
APHA 2510 B	Conductividad	1 µS/cm	-	69	µS/cm

Código de Laboratorio: 240360 - 8		Estación de Muestras: II		Fecha de Muestreo: 2024/03/06 Hora: 09:55 am Tipo de muestra: Agua Cruda - afluente de PTAP (3)	
Método de Referencia	Ensayo	Límite de Detección del Método	Límite de Cuantificación del Método	Resultado	Unidad
APHA 2130 B	Turbiedad	-	0.40	43.69	NTU
APHA 4500 H B	Potencial de Hidrogeno	-	-	7.34	Unid. pH
APHA 2510 B	Conductividad	1 µS/cm	-	64	µS/cm

Este Certificado no podrá ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de DELTA LAB S.A.C. Los resultados presentados corresponden solo a los parámetros mencionados

Av. Carretera Central Km. 9.3 Mz. "A" Lt. 6 As. Ntra. Sra. de La Merced - Ate - Lima 03 - PERÚ. Jefe de Laboratorio de Fisioclimático
Teléfax: (511) 3560230 Celular: 993571972 Email: servicioalcliente@deltalabsac.com www.deltalabsac.com

DELTA LAB S.A.C. EDOSON CASTAÑEDA POSORIO



Código de Laboratorio: 240360 - 9		Estación de Muestras: II		Fecha de Muestreo: 2024/03/06 Hora: 10:05 am Tipo de muestra: Agua Cruda - afluente de PTAP (3)	
Método de Referencia	Ensayo	Límite de Detección del Método	Límite de Cuantificación del Método	Resultado	Unidad
APHA 2130 B	Turbiedad	-	0.40	41.81	NTU
APHA 4500 H B	Potencial de Hidrogeno	-	-	7.49	Unid. pH
APHA 2510 B	Conductividad	1 µS/cm	-	62	µS/cm

14. Ensayo: Descripción del Método de Referencia:

Turbiedad: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B, 24th Ed., 2023. Turbidity. Nephelometric Method.
 pH: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 24th Ed., 2023. pH Value. Electrometric Method.
 Conductividad: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 24th Ed., 2023. Conductivity. Laboratory Method.

15. Notas:

- Condición y estado de la muestra ensayada: Las muestras llegaron refrigeradas y preservadas.
- Las muestras llegaron en frascos de polietileno y vidrio ámbar.
- Las muestras se mantendrán por un periodo de 10 días luego entregado el informe de ensayo a excepción de las muestras perecibles.
- Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido con la Declaración "Suplemento al informe de Ensayo"
- Estos resultados no deben ser utilizados como certificación de conformidad con normas del producto o con certificado del sistema de calidad a la entidad que lo produce.
- Resultados por debajo del límite de cuantificación del método son referenciales.
- El informe de control de calidad le será proporcionado a su solicitud.

8.

Lima, viernes 08 de Marzo del 2024.

DELTA LAB S.A.C.

RAQUEL ROSALES TORRES
 SUB GERENTE DE LA CALIDAD
 CIP N° 29812

DELTA LAB S.A.C.

EDSON CASTAÑEDA MOSORIO
 JEFE DE LABORATORIO DE FARMACOLÓGICO

Este Certificado no podrá ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de DELTA LAB S.A.C.
 Los resultados presentados corresponden solo a los parámetros mencionados

Av. Carretera Central Km. 9.3 Mz. "A" Lt. 6 As. Ntra. Sra. de La Merced - Ate - Lima 03 - PERÚ
 Telefax: (511) 3560230 Celular: 993571972 Email: servicioalcliente@deltalabsac.com www.deltalabsac.com

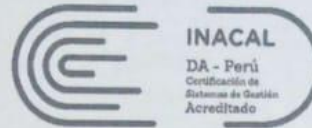
Anexo 14

Calibración de equipo tes de jarras, turbidímetro y pHmetro

 DELTA LAB S.A.C	 INACAL DA - Perú Certificación de Biotras de Gestión Acreditado																						
Registro N° LC - 019																							
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL – DA CON REGISTRO CON REGISTRO N° LC-019																							
Pág. 1 de 2																							
<h3>Certificado de Mantenimiento y Calibración</h3> <h4>N° 18012024-10</h4>																							
1. Cliente	: SOLUCIONES QUÍMICAS AMBIENTALES S.A.C – SQA PERÚ																						
2. Dirección	: Jr. Simón Grados N° 781 Los Olivos – Lima – Perú																						
3. Datos del Equipo																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"><tr><td>* Equipo</td><td>TEST - JARRAS</td><td>* Rango de velocidad</td><td>Programable 5-300 RPM</td></tr><tr><td>* Marca</td><td>No indica</td><td>* Rango de tiempo</td><td>Programable 0 a 99 min</td></tr><tr><td>* Modelo</td><td>6 puestos/jarras</td><td>* Vasos</td><td>2000 mL acrílico</td></tr><tr><td>* Control</td><td>Númérico/Microprocesador</td><td>* Paletas/aspas</td><td>Acero inoxidable</td></tr><tr><td>* Voltaje</td><td>120 vol./60 Hz</td><td>* Consumo</td><td>180W/1.5A</td></tr></table>				* Equipo	TEST - JARRAS	* Rango de velocidad	Programable 5-300 RPM	* Marca	No indica	* Rango de tiempo	Programable 0 a 99 min	* Modelo	6 puestos/jarras	* Vasos	2000 mL acrílico	* Control	Númérico/Microprocesador	* Paletas/aspas	Acero inoxidable	* Voltaje	120 vol./60 Hz	* Consumo	180W/1.5A
* Equipo	TEST - JARRAS	* Rango de velocidad	Programable 5-300 RPM																				
* Marca	No indica	* Rango de tiempo	Programable 0 a 99 min																				
* Modelo	6 puestos/jarras	* Vasos	2000 mL acrílico																				
* Control	Númérico/Microprocesador	* Paletas/aspas	Acero inoxidable																				
* Voltaje	120 vol./60 Hz	* Consumo	180W/1.5A																				
4. Lugar de Mant/Calib	: Av. Carretera Central Km.9.3 Mz."A" Lt.6 As. Ntra. Sra. Merced – Ate – Lima 03 – PERÚ																						
5. Fecha de calibración	: 2024/01/18	Próxima calibración	: 2025/01/18																				
6. Mantenimiento de Equipo (términos)	El mantenimiento incluye el motor, poleas, limpieza y lubricación de (06) aspas, sistema eléctrico y ajuste de paletas.																						
7. Método de calibración (Tiempo y Frecuencia)	La calibración se realizó según el procedimiento indicado en el manual de operación del fabricante, bajo la NTP-ISO/IEC 17025 y la Dirección de Metrología – INACAL con el patrón nacional de tiempo y Frecuencia – UTC.																						
8. Condiciones ambientales																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"><thead><tr><th></th><th>Temperatura [°C]</th><th>Humedad relativa (% hr)</th></tr></thead><tbody><tr><td>Inicial</td><td style="text-align: center;">22.3</td><td style="text-align: center;">48.7</td></tr><tr><td>Final</td><td style="text-align: center;">22.4</td><td style="text-align: center;">48.9</td></tr></tbody></table> <p style="text-align: center;">Nota: Los datos hacen referencia al lugar y tiempo de la calibración</p>					Temperatura [°C]	Humedad relativa (% hr)	Inicial	22.3	48.7	Final	22.4	48.9											
	Temperatura [°C]	Humedad relativa (% hr)																					
Inicial	22.3	48.7																					
Final	22.4	48.9																					
9. Trazabilidad	Los servicios metrologicos para del laboratorio DELTA LAB S.A.C. mantienen la trazabilidad de sus patrones de referencia de acuerdo a las especificaciones del fabricante.																						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"><thead><tr><th>Descripción</th><th>Código</th><th>Calibrado Por</th><th>N° de certificado</th><th>Vencimiento</th></tr></thead><tbody><tr><td>Tacómetro Digital</td><td style="text-align: center;">TAC-002</td><td style="text-align: center;">Metroll</td><td style="text-align: center;">1AFR-0030-2024</td><td style="text-align: center;">2024/07</td></tr></tbody></table>				Descripción	Código	Calibrado Por	N° de certificado	Vencimiento	Tacómetro Digital	TAC-002	Metroll	1AFR-0030-2024	2024/07										
Descripción	Código	Calibrado Por	N° de certificado	Vencimiento																			
Tacómetro Digital	TAC-002	Metroll	1AFR-0030-2024	2024/07																			
<p>Este Certificado no podrá ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de DELTA LAB S.A.C. Los resultados presentados corresponden solo al equipo indicado</p> <p>Av. Carretera Central Km. 9.3 Mz. "A" Lt.6 As. Ntra. Sra. de La Merced – Ate – Lima 03 – PERÚ Telefax: (511) 3560230 Celular: 947148233 Email: servicioalcliente@deltalabsac.com www.deltalabsac.com</p>																							



DELTA LAB S.A.C



Registro N° LC - 019

10. Resultados de medición

Lectura después de mantenimiento

Pág. 2 de 2

N° Mediciones	50 RPM	100 RPM	150 RPM	200 RPM	250 RPM	300 RPM
LECT. 1	50	100	150	200	250	300
LECT. 2	50	100	150	200	250	300
LECT. 3	50	100	150	200	250	300
LECT. 4	50	100	150	200	250	300
LECT. 5	50	100	150	200	250	300
PROM.	50	100	150	200	250	300
DESV STD	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ERROR	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Uexp	0.10193	0.10193	0.10193	0.10193	0.10193	0.10193

11. Observaciones

- a) Se colocó una etiqueta en el equipo con la indicación "CALIBRADO" y con identificación N° 15012024-10.
- b) Los resultados contenidos en el presente certificado hacen referencia al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones.
- c) El usuario es responsable de la calibración de sus instrumentos a intervalos apropiados.


* Para el mantenimiento y calibración.

- La incertidumbre de medición expandida reportada es la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura $k=2$ de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95%.

Fecha de Emisión

2024/01/19

8.


DELTA LAB S.A.C.
RAQUEL ROSALES TORRES
SUB GERENTE DE CALIDAD
CIP N° 28612

Este Certificado no podrá ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de DELTA LAB S.A.C.
Los resultados presentados corresponden solo al equipo indicado

Av. Carretera Central Km. 9.3 Mz. "A" Lt. 6 As. Ntra. Sra. de La Merced - Ate - Lima 03 - PERÚ
Telefax: (511) 3560230 Celular: 947148233 Email: servicioalcliente@deltalabsac.com www.deltalabsac.com



Lectura Después del Ajuste

Valor del Patrón (NTU)	Lecturas del Instrumento	Error (NTU)	ERROR MAXIMO PERMITIDO (NTU)
0.00	0.02	0.02	+/- 0.05
500.01	503.50	3.40	+/- 25.00
10.01	9.98	-0.12	+/- 0.99

Error = Valor medido - Valor de referencia.
Error Máximo Permitido = Valor del error máximo establecido por el fabricante para el equipo.

10. Observaciones

- a) La frecuencia de calibración está en función al uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición.
- b) El error máximo permitido según el fabricante es el +/- 5% de la lectura (lo que sea mayor) más la luz difusa dentro del rango 0 - 1000 NTU.
- c) El instrumento se encuentra en buen estado y dentro de las tolerancias establecidas por el fabricante.

* Para la calibración del turbidímetro.

- El HI93703 cumple y excede los requisitos del método ISO 7027:1999 para mediciones de turbidez mediante el uso de una fuente de luz LED infrarroja.
- Como este medidor ha sido diseñado para seguir este método ISO, las unidades se muestran en FTU (unidad de turbidez formacina); FTU es equivalente a la otra unidad internacionalmente reconocida de NTU (unidad nefelométrica de turbidez).
- El HI93703 tiene una potente función de calibración que compensa la variación en la intensidad de la luz. La calibración puede realizarse utilizando las soluciones de calibración suministradas o con estándares preparados por el usuario. Se puede realizar una calibración de turbidez de dos o tres puntos utilizando las normas suministradas (0, 10 y 500 FTU).
- El valor de la luz difusa para el agua con baja turbidez es (0 a 40 NTU).

Fecha de Emisión

2024/01/19

DELTA LAB S.A.C.
Rosa
RAQUEL ROSALES TORRES
SUB GERENTE DE LA CALIDAD
CIP N° 29612

Este Certificado no podrá ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de DELTA LAB S.A.C.
Los resultados presentados corresponden solo al equipo indicado

Av. Carretera Central Km. 9.3 Mz. "A" Lt. 6 As. Ntra. Sra. de La Merced - Ate - Lima 03 - PERÚ
Teléfax: (511) 3560230 Celular: 947148233 Email: servicioalcliente@deltalabsac.com www.deltalabsac.com



DELTA LAB S.A.C



Registro N° LC - 019

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL – DA CON REGISTRO CON REGISTRO N° LC-019

Pág. 1 de 2

Certificado de Calibración

N° 15012024-08

- 1. Cliente : SOLUCIONES QUIMICAS AMBIENTALES S.A.C – SQA PERÚ
- 2. Dirección : Jr. Simón Grados N° 781 Los Olivos – Lima – Perú
- 3. Datos del instrumento

8

* Instrumento de medición	Medidor de pH*	* N° de serie del instrumento	07290554111
* Marca	HANNA	* N° de serie de sonda	HI 73127
* Modelo	COMBO HI 98129	* Intervalo de indicación	0.00 a 14.00 pH
* Versión de software	1.03	* Resolución	0.01 pH

- 4. Lugar de calibración : Av. Carretera Central Km.9.3 Mz."A" Lt.6 As. Ntra. Sra. Merced – Ate – Lima 03 – PERÚ
- 5. Fecha de calibración : 2024/01/15 Próxima calibración : 2025/01/15
- 6. Método de calibración

La calibración se realizó por comparación de la indicación del instrumento con valores asignados a materiales de referencia de Ph certificados, según procedimiento PC 020 Calibración de medidores de pH de INACAL 2ed.2017.

- 7. Condiciones ambientales

	Temperatura (°C)	Humedad relativa (% hr)
Inicial	25.3	54.4
Final	25.0	50.8



- 8. Trazabilidad

Patrón usado	Código interno	N° de Lote o N° Certificado	F. Vencimiento
Buffer pH 4.01	GGP-S-01.29	CC546363	2024-12-01
Buffer pH 7.01	GGP-S-02.29	CC525939	2024-10-15
Buffer pH 10.01	GGP-S-03.30	CC519894	2025-02-22

- 9. Resultados de medición

Indicación de instrumento (pH)	Valor del patrón (pH)	Error (pH)	Incertidumbre (pH)
4.01	4.003	0.007	0.015
7.03	6.994	0.036	0.013
10.00	10.010	-0.010	0.013

- 10. Observaciones

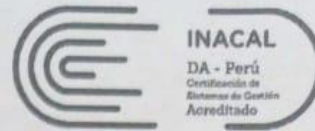
- a) Los resultados están dados a la temperatura de 25°C
- b) El coeficiente de correlación obtenido es: 1.000
- c) El error máximo permisible considerando, tomando como referencia: IUPAC Recommendations 2002, "Measurement of pH, Definition, Standards, and Procedures", es: +/- pH 0.03

Este Certificado no podrá ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de DELTA LAB S.A.C. Los resultados presentados corresponden solo al equipo indicado

Av. Carretera Central Km. 9.3 Mz. "A" Lt. 6 As. Ntra. Sra. de La Merced – Ate – Lima 03 – PERÚ
Teléfono: (511) 3560230 Celular: 947148233 Email: servicioalcliente@deltalabsac.com www.deltalabsac.com



**DELTA
LAB S.A.C**



Registro N° LC - 019

Pág. 2 de 2

* La calibración del medidor de pH se realizó en el Multiparámetro.

- La incertidumbre de medición expandida reportada es la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura $k=2$ de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95%.
- Los resultados emitidos son válidos solo para el instrumento y sensor calibrado, en el momento de la calibración.
- Se recomienda al usuario recalibrar a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base a las características de trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo del instrumento.
- La incertidumbre declarada en el presente certificado ha sido estimada siguiendo las directrices de: "Guía para la expresión de la incertidumbre de medida" primera edición, setiembre 2008 CEM.
- Este certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Sin firma y sello carecen de validez.

Fecha de Emisión

2024/01/19

 DELTA LAB S.A.C.
Raquel Rosales Torres
RAQUEL ROSALES TORRES
SUB GERENTE DE LA CALIDAD
CIP N° 29612

Este Certificado no podrá ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de DELTA LAB S.A.C.
Los resultados presentados corresponden solo al equipo indicado

Av. Carretera Central Km. 9.3 Mz. "A" Lt. 6 As. Ntra. Sra. de La Merced - Ate - Lima 03 - PERÚ
Telefax: (511) 3560230 Celular: 947148233 Email: servicioalcliente@deltalabsac.com www.deltalabsac.com

Anexo 15

Solicitud para uso de equipos de la PTAP – Pampas

UNAT
Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo
Ley de Creación N° 29716
Escuela de la Calidad de oportunidades para todos y todos
"Abi de la salud, la paz y el desarrollo"

Pampas, 04 de octubre de 2023.

CARTA N°0034-2023-UNAT/P-VPA- DA.EP.IIA

Señor:

HECTOR LOLO ANTONIO
ALCALDE DE LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE TAYACAJA

Presente

ASUNTO: Solicito autorización y apoyo para uso de equipos de la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) del distrito de Pampas con fines de investigación.

Tengo el agrado de dirigirme a Usted como Responsable de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo (UNAT), con domicilio en Jr. Bolognesi N° 416-418-Pampas-Tayacaja-Huancavelica, para comunicarle que nuestros estudiantes y docentes de la Escuela Profesional vienen ejecutando sus proyectos de tesis que responden a las necesidades de la población.


Motivo por el cual se viene ejecutando el proyecto intitulado "Extractos de tarwi (*Lupinus mutabilis*): Potencial en la reducción de turbiedad del agua potable del distrito de Pampas", siendo responsables de esta ejecución el tesista, Nilton César Pariona Gutiérrez, y asesor, Dra. Dagnith Liz Bejarano Luján.

El tarwi (*Lupinus mutabilis*) es una leguminosa cultivada en la región Huancavelica y ha sido citado en la literatura científica por su potencial de proteína y ácidos grasos, además de poseer probables propiedades como coagulante alternativo en el tratamiento de aguas residuales de la industria láctea (Jaramillo, 2020). Sin embargo, estudios que utilizan extractos de tarwi (*Lupinus mutabilis*) como coagulante natural específicamente en la reducción de la turbiedad del agua son escasos, siendo necesario evaluar el comportamiento de diferentes extractos de tarwi (*Lupinus mutabilis*) en la reducción de la turbiedad.



En este contexto es necesario contar con algunos equipos que la Universidad no dispone, tales como equipo de test de jarras, turbidímetro, etc. que si se tiene en su institución.

En tal Sentido solicito se otorgue formalmente autorización y facilidades a los investigadores para el uso de equipos necesarios para el desarrollo de la investigación, y posteriormente compartir los resultados de esta investigación.

Atentamente:


Dr. GINO PAUL PRIETO ROSALES
Responsable de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias


C.c. Sub Gerencia Prestadora de Servicio de Agua y Saneamiento y Bazar Público
Andrés

979 332 748
<https://unat.edu.pe/>


mesadepartes@unat.edu.pe

OFICINA ADMINISTRATIVA:
Jr. Bolognesi N° 416 - 418 - Pampas - Tayacaja - Huancavelica

OFICINA DE ADMISION:
Jr. Lima, esquina con el Jr. Bolognesi, Plaza Principal,
Pampas - Tayacaja - Huancavelica

LOCAL ACADEMICO:
Vía Fundo CDO metros al Jr. Alfonso Ugarte,
Daniel Hernández - Tayacaja - Huancavelica



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL
DE TAYACAJA - PAMPAS
RUC N° 20180345344
Ejecutiva N° 300568
N° RUT: 00011558-2023

Fecha y Hora de recepción: 09/10/2023 10:15:00

Recibido Por: QUIJADA947
Ubicación: TRAMITE DOCUMENTARIO
Presentado Por: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE TAYACAJA DANIEL HERNANDEZ MORILLO
Documento: CARTA - 020034
Asunto: SOLICITO AUTORIZACION Y APOYO PARA USO DE EQUIPOS DE LA PLANTA DE TTD DE


Para Entregar a: ROMERO MAYHUA JENNY FERISCO
Destino: GERENCIA DE DESARROLLO SOCIAL Y SERVICIOS PUBLICOS
N° Folio: 1

Observaciones:




Anexo 16

Solicitud de consentimiento para ingreso a la PTAP – Pampas para toma de muestra de agua.



Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo
Ley de Creación N° 20216
"Garantía de la calidad de alimentos para niños y niñas"
"Alta de calidad, salud y bienestar"



Pampas, 24 de julio de 2023.

CARTA N° 0018-2023-UNAT/P-VPA-E.P.IIA

Sr.: HECTOR LOLO ANTONIO
ALCALDE DE LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE TAYACAJA

LIC. JOSE VELIT VILLAREAL
Responsable de la Planta de Tratamiento de Agua Potable

ASUNTO: Solicito otorgar consentimiento para toma de muestra de agua de las fuentes de captación y salida de la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) del distrito de Pampas con fines de investigación

Tengo el agrado de dirigirme a Usted como Responsable de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo (UNAT), con domicilio en Jr. Bolognesi N° 416-418-Pampas-Tayacaja-Huancavelica, para comunicarle que nuestros estudiantes y docentes de la Escuela Profesional vienen formulando proyectos de tesis que respondan a las necesidades de la población.


Motivo por el cual se ha formulado el proyecto intitulado "Extractos de tarwi (*Lupinus mutabilis*): Potencial en la reducción de turbiedad del agua potable del distrito de Pampas", teniendo como testista al Estudiante: Nilton César Pariona Gutierrez y como asesor a la Dra. Dagnath Liz Bejarano Luján.

El tarwi (*Lupinus mutabilis*) es una leguminosa cultivada en la región Huancavelica y contiene 41,20% de proteínas y 30,88 % de carbohidratos en su estado amargado (Zavaleta, 2018). Esta leguminosa ha sido sugerida como coagulante alternativo en el tratamiento de aguas residuales de la industria láctea (Jaramillo, 2020). Sin embargo, estudios que utilizan extractos de tarwi (*Lupinus mutabilis*) como coagulante natural específicamente en la reducción de la turbiedad del agua son escasos, siendo necesario evaluar el comportamiento de diferentes extractos de tarwi (*Lupinus mutabilis*) en la reducción de la turbiedad.

En este contexto es necesario realizar estudios que ayuden a esclarecer su comportamiento como bioagulante natural para mejor conocimiento de sus propiedades, y futuramente recomendar su uso a la población.

En tal Sentido solicito se otorgue formalmente el consentimiento y las facilidades a los investigadores para la toma de muestras durante el desarrollo de la investigación, documento que es requerido para la aprobación de su proyecto de tesis.

Atentamente,
C. Velit



979 332 748
<https://unat.edu.pe/>
mesadepartos@unat.edu.pe

OFICINA ADMINISTRATIVA:
Jr. Bolognesi N° 416 - 418 - Pampas - Tayacaja - Huancavelica

OFICINA DE ADMISION:
Jr. Lima, esquina con el Jr. Bolognesi, Plaza Principal
Pampas - Tayacaja - Huancavelica

LOCAL ACADÉMICO:
Vía Huerto (200) metros al Jr. Alfonso Ugarte
Daniel Hernández - Tayacaja - Huancavelica

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE TAYACAJA - HUANCABELICA
RUC N° 2019034044
Calle Jirón N° 302000

N° RUT: 00008446-2023

988082 1291 16

