

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



TESIS:

**“APLICACIÓN DE LA SEMILLA DE *MORINGA OLEÍFERA*
COMO COAGULANTE-FLOCULANTE EN EL PROCESO DE
REDUCCIÓN DE ARSÉNICO PRESENTE EN EL AGUA PARA
CONSUMO HUMANO EN EL DISTRITO DE CANDARAVE,
PROVINCIA DE CANDARAVE, REGIÓN TACNA”**

PARA OPTAR:

TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO INDUSTRIAL

PRESENTADO POR:

Bach. SONIA VARGAS HUMIRE

Bach. VERÓNICA CECILIA GUTIERREZ VALDIVIA

TACNA – PERÚ

2022

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TESIS

**“APLICACIÓN DE LA SEMILLA DE *MORINGA OLEÍFERA*
COMO COAGULANTE-FLOCULANTE EN EL PROCESO DE
REDUCCIÓN DE ARSÉNICO PRESENTE EN EL AGUA PARA
CONSUMO HUMANO EN EL DISTRITO DE CANDARAVE,
PROVINCIA DE CANDARAVE, REGIÓN TACNA”**

**Tesis sustentada y aprobada el 17 de mayo de 2022; estando el
jurado calificador integrado por:**

PRESIDENTE: Mtro. ABEL EDUARDO FERNÁNDEZ MAURIAL

SECRETARIO: Mtro. DAVID GONZALO RUBIRA OTÁROLA

VOCAL: Mtro. JAIME LIZARDO CARPIO CAMACHO

ASESOR: Dr. WILLIAMS SERGIO ALMANZA QUISPE

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo *Sonia Vargas Humire*, en calidad de: *Egresada* de la Escuela Profesional de *Ingeniería Industrial* de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificada con DNI 70022984.

Yo *Verónica Cecilia Gutierrez Valdivia*, en calidad de: *Egresada* de la Escuela Profesional de *Ingeniería Industrial* de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificada con DNI 70439125.

Declaramos bajo juramento que:

1. Somos autores de la tesis titulada:

“Aplicación de la semilla de *Moringa oleífera* como coagulante-floculante en el proceso de reducción de arsénico presente en el agua para consumo humano en el distrito de Candarave, provincia de Candarave, Región Tacna”

La misma que presento para optar:

Título Profesional de Ingeniería Industrial

2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a *la universidad* cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a *la universidad* y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis, libro y/o invento.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, 25 de mayo de 2022



Sonia Vargas Humire
DNI: 70022984



Verónica Gutierrez
Valdivia
DNI: 70439125

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación va dedicado principalmente a Dios, por ser nuestra fuente de inspiración y darnos fuerza para cumplir uno de nuestros objetivos más deseados en nuestra vida profesional.

A nuestros padres, por su amor incondicional, ejemplo, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos, son los mejores padres.

A nuestros hermanos y hermanas por estar siempre presente, acompañándonos y apoyándonos, a lo largo de nuestras vidas.

A todas las personas que nos apoyaron e hicieron que este trabajo se realice con éxito, en especial, a los que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos con nosotras.

Sonia y Verónica

AGRADECIMIENTO

A los representantes de Módulo de Servicios - Cite Agroindustrial Tacna y Descals Industrias Alimentarias SAC por habernos brindando acceso a sus laboratorios para el desarrollo de la parte experimental.

A nuestro director de escuela, Mtro. Abel Fernández por creer desde un inicio en nuestro tema de investigación.

A los maestros David Rubira y Jaime Carpio por ser los jurados evaluadores y brindarnos sugerencias para mejorar la investigación.

A los ingenieros Julio Descals, Jorge Poma, Oscar Cárdenas, Ernesto Leo y Alejandro Monroy por darnos asesoramiento en diferentes etapas de la tesis.

A los contadores Cesar Mamani y José Mejía por su asesoramiento en la parte de evaluación económica.

A la abogada Ana Mazuelos por sus enseñanzas y apoyo moral durante el desarrollo de la tesis.

A los técnicos Roy Vargas y Dilson Mamani por su apoyo en la simulación del prototipo del Sistema de tratamiento de agua con coagulante-floculante moringa.

A nuestros amigos y familiares Karina Acero, Alfredo Delgadillo, Bruno Algalobo, Angélica Flores, Diana Cunurana, Juan Chua, Jonas Vargas, Tonny Vargas, Rafael Valdivia y César Rodríguez por su apoyo en la toma de muestras, trabajo de laboratorio, entre otros.

¡Muchas gracias!

Sonia y Verónica

ÍNDICE GENERAL

PÁGINA DE JURADOS.....	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD	iii
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1 Descripción del problema.....	2
1.2 Formulación del problema.....	7
1.2.1 Problema general	7
1.2.2 Problemas específicos.....	7
1.3 Justificación e importancia	8
1.3.1 Justificación práctica.....	8
1.3.2 Justificación teórica	9
1.4 Objetivos.....	9
1.4.1 Objetivo general	9
1.4.2 Objetivos específicos.....	9
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	11
2.1 Antecedentes del estudio.....	11
2.1.1 Antecedentes internacionales.....	11

2.1.2 Antecedentes nacionales.....	12
2.1.3 Antecedentes locales.....	13
2.2 Bases teóricas	14
2.2.1 Requisitos de calidad del agua para consumo humano	14
2.2.2 Moringa Oleífera	16
2.2.3 Método de coagulación / floculación en el tratamiento de agua	21
2.2.4 Arsénico	25
2.3 Definición de términos	26
2.3.1 Agua para consumo humano.....	26
2.3.2 Arsénico	27
2.3.3 Coagulante	27
2.3.4 Floculante.....	27
2.3.5 Moringa	27
2.3.6 Remoción	27
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	28
3.1 Tipo y nivel de la investigación.....	28
3.1.1 Tipo de investigación	28
3.1.2 Nivel de investigación	28
3.2 Población y muestras de estudio	28
3.2.1 Población de estudio	28
3.2.2 Muestras de estudio	29
3.3 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos	29
3.3.1 Técnicas de muestreo	29

3.3.2 Instrumentos utilizados en la recolección de muestras	32
3.4 Procesamiento y análisis de datos	32
3.4.1 Elaboración del coagulante-floculante moringa (laboratorio).....	33
3.4.2 Elaboración de filtro experimental.....	34
3.4.3 Tratamiento de muestras con coagulante-floculante moringa	34
3.4.4 Procedimiento de análisis con el test de arsénico Quantofix Arsen 50	35
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	37
4.1 Resultados de la parte experimental del estudio	37
4.1.1 Concentración inicial de las muestras no tratadas	37
4.1.2 Estudio de mercado Concentración final de las muestras tratadas	37
4.1.3 Dosis y tiempo óptimo	39
4.2 Estudio de mercado	39
4.2.1 Análisis de la demanda nacional.....	39
4.2.2 Análisis de la oferta	41
4.2.3 Demanda de mercado del proyecto	42
4.3 Localización y tamaño de planta	44
4.3.1 Localización de planta	44
4.3.2 Tamaño de planta.....	48
4.3.3 Selección de tamaño de planta.....	52
4.4 Ingeniería de proceso	52
4.4.1 Definición técnica del producto	52
4.4.2 Lineamientos generales para la elaboración del coagulante-floculante moringa	56

4.4.3 Descripción del proceso de elaboración del aceite y coagulante-floculante moringa	56
4.4.4 Descripción de maquinaria y equipos	63
4.4.5 Balance de materia del proceso de elaboración de productos derivados de la semilla de moringa.....	63
4.4.6 Distribución de planta	65
4.4.7 Acondicionamiento de la planta de producción	69
4.5 Evaluación económica del proyecto	70
4.5.1 Inversiones	70
4.5.2 Costos de producción	73
4.5.3 Presupuestos operativos	75
4.5.4 Presupuestos operativos Presupuestos financieros.....	78
4.5.5 Indicadores económicos de evaluación (VAN y TIR)	82
5.6 Diseño del modelo piloto aplicando el coagulante-floculante moringa.....	85
5.6.1 Diseño del modelo piloto	85
5.6.2 Descripción técnica y mantenimiento del modelo piloto	87
5.6.3 Costeo del modelo piloto	92
CAPITULO V: DISCUSIÓN.....	95
CONCLUSIONES.....	97
RECOMENDACIONES.....	99
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	100
ANEXOS	108

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Localidades que superan el límite máximo permitido de arsénico en el agua para consumo humano por provincia en la región Tacna, 2018	3
Tabla 2. Efectos sobre la salud por exposición de arsénico.....	5
Tabla 3. Casos de tumor maligno que podrían derivar de la ingesta de arsénico según etapas de vida, Región Tacna, 2019	6
Tabla 4. Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica según OMS.....	15
Tabla 5. Límites máximos permisibles de parámetros químicos inorgánicos según OMS	15
Tabla 6. Límites máximos permisibles de parámetros químicos inorgánicos según NTP	16
Tabla 7. Producción anual aproximada de semilla de moringa en el Perú, 2020	17
Tabla 8. Propiedades proteicas de la torta de semilla de moringa bajo diversos tratamientos.....	20
Tabla 9. Nivel de arsénico en la población de estudio – Distrito Candarave, 2019	29
Tabla 10. Especificaciones para el lavado de los recipientes para la toma de muestras	30
Tabla 11. Conservación de las muestras para su análisis.....	30
Tabla 12. Descripción del proceso de toma de muestra.....	31
Tabla 13. Combinación de tratamientos en un diseño factorial 3k.....	33
Tabla 14. Distribución de tratamientos.....	33
Tabla 15. Concentración inicial de arsénico por localidad.....	37
Tabla 16. Variación entre la concentración inicial (0,6 mg/L de As) y final en la localidad de Candarave	38

Tabla 17. Variación entre la concentración inicial (1 mg/L de As) y final en la localidad de Talaca.....	38
Tabla 18. Variación entre la concentración inicial (0,7 mg/L de As) y final en la localidad de San Pedro.....	38
Tabla 19. Población que consume agua no potable según fuente de suministro, 2019	40
Tabla 20. Variación poblacional a nivel nacional según regiones que superan el límite máximo permitido de arsénico en el agua para consumo humano, 2022-2027	40
Tabla 21. Población de interés para la demanda interna aparente del proyecto, 2022-2027.....	41
Tabla 22. Demanda Interna Aparente de coagulante-floculante moringa en kilogramos, 2022-2027	43
Tabla 23. Demanda de mercado del proyecto en kilogramos, 2022-2027	44
Tabla 24. Matriz de enfrentamiento.....	46
Tabla 25. Ranking de factores.....	47
Tabla 26. Demanda de aceite y coagulante-floculante moringa.....	48
Tabla 27. Requerimiento de materia prima para el proyecto.....	49
Tabla 28. Capacidad instalada del proceso de elaboración de coagulante-floculante moringa.....	50
Tabla 29. Estimación del margen de contribución ponderado por producto	51
Tabla 30. Punto de equilibrio por producto	52
Tabla 31. Gastos de acondicionamiento de la planta de elaboración de aceite y coagulante-floculante moringa	69
Tabla 32. Activos tangibles.....	70
Tabla 33. Activos intangibles.....	71
Tabla 34. Gastos operativos anuales.....	72
Tabla 35. Inversión total necesaria	73

Tabla 36. Costos totales de producción en miles de soles.....	73
Tabla 37. Costos de producción del coagulante-floculante moringa en miles de soles.	74
Tabla 38. Costos de producción del aceite de moringa en miles de soles.....	74
Tabla 39. Precio del aceite de moringa en el mercado.....	75
Tabla 40. Ingreso por ventas en miles de soles del coagulante-floculante moringa.....	76
Tabla 41. Ingreso por ventas en miles de soles del aceite de moringa.....	76
Tabla 42. Ingresos totales por ventas en miles de soles	77
Tabla 43. Presupuesto operativo de costos en miles de soles.....	77
Tabla 44. Presupuesto operativo de gastos en miles de soles	78
Tabla 45. Presupuesto de estado de resultados en miles de soles	79
Tabla 46. Análisis vertical del estado de resultados del periodo 2022-2027.....	79
Tabla 47. Flujo de caja del periodo 2022-2027 en miles de soles.....	80
Tabla 48. Estado de situación financiera del primer año en miles de soles.....	81
Tabla 49. Índice de inflación del periodo 2016-2021	82
Tabla 50. Índice de inflación del periodo 2022-2027	82
Tabla 51. Valor actual neto y tasa interna de retorno del proyecto	83
Tabla 52. Periodo de recuperación de la inversión inicial.....	84
Tabla 53. Costeo del prototipo del sistema de tratamiento de agua	93
Tabla 54. Estudios realizados con coagulantes-floculantes naturales	95
Tabla 55. Estudios realizados con coagulantes-floculantes sintéticos.....	96
Tabla 56. Estudios realizados con coagulante-floculante moringa.....	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de riesgo por arsénico en agua de consumo humano en la Región Tacna	3
Figura 2. Diversas aplicaciones de la moringa	19
Figura 3. Esquema de funcionamiento del proceso de coagulación.....	22
Figura 4. Esquema de funcionamiento del proceso de floculación	25
Figura 5. Presentación del producto coagulante-floculante moringa	55
Figura 6. Presentación del producto aceite de semilla de moringa	55
Figura 7. Diagrama de operaciones del proceso de elaboración de aceite y coagulante-floculante moringa	59
Figura 8. Diagrama de análisis del proceso de elaboración del coagulante-floculante moringa.....	60
Figura 9. Diagrama de análisis del proceso de elaboración del aceite de moringa .	61
Figura 10. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de aceite y coagulante-floculante moringa.....	62
Figura 11. Balance de materia del proceso de elaboración de aceite y coagulante-floculante moringa.....	64
Figura 12. Tabla relacional	66
Figura 13. Diagrama relacional de recorrido o actividades.....	66
Figura 14. Layout por áreas	67
Figura 15. Layout de maquinaria, equipos e inmobiliaria en general.....	68
Figura 16. Componentes del tanque de agitación y sedimentación	87
Figura 17. Componentes del filtro lento de arena.....	88
Figura 18. Componentes del filtro de carbón activado	89

Figura 19. Componentes del tanque de almacenamiento	90
Figura 20. Tablero de control.....	91
Figura 21. Vista interna del modelo piloto	92

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Certificado de análisis del kit de arsénico Quantofix Arsen 50	108
Anexo 2. Resultados de laboratorio del análisis de arsénico	109
Anexo 3. Encuesta para determinar la aceptación de mercado	119
Anexo 4. Resultados de encuesta para determinar la aceptación de mercado	121

RESUMEN

La tesis titulada “Aplicación de la semilla de *Moringa oleífera* como coagulante-floculante en el proceso de reducción de arsénico presente en el agua para consumo humano en el distrito de Candarave, provincia de Candarave, Región Tacna”, es un proyecto de investigación que busca un beneficio social, ambiental y monetario. El objetivo principal es reducir el arsénico presente en el agua para consumo humano aplicando la semilla de moringa, previa extracción del aceite, como coagulante-floculante. Para ello, se empleó una metodología de tipo descriptiva y aplicada, de nivel integrativo, ya que, se pretende evaluar la efectividad de las propiedades coagulantes de la *moringa oleífera* sobre la toxicidad del arsénico presente en el agua de consumo humano. Los resultados de la fase experimental del proyecto determinaron que con una dosis de 4 g/L y con un tiempo de remoción de 3 horas se logró el mayor porcentaje de remoción de arsénico en la localidad de Talaca (90 %), Candarave (83 %) y San Pedro (96 %); lo cual permitió que se realice un proyecto de inversión con el objetivo de comercializar el aceite y el coagulante-floculante de moringa. Se empezó con un estudio de mercado donde se comprobó que existe una demanda por cubrir, posteriormente se realizó una evaluación de la localización y el tamaño de planta adecuados, resultando la ciudad de Tacna como la mejor opción por la cercanía al mercado objetivo, teniendo una producción de 23 110 Kg de coagulante-floculante y 9 925 litros de aceite el primer año. Para la viabilidad técnica, se determinó el proceso productivo, la maquinaria y equipos necesarios para la transformación de la materia prima, asimismo, se diseñó la presentación y se elaboró la ficha técnica de cada producto. La evaluación económica del flujo de caja del proyecto demostró su viabilidad dentro de un escenario exigente (TMAR=19,20 %), obteniendo un VANE de S/1 211 884,85 y una TIRE de 47 %. Finalmente, se diseñó un prototipo para el tratamiento de agua para consumo humano aplicando el coagulante-floculante moringa.

Palabras claves: arsénico, *moringa oleífera*, estudio de mercado, localización de planta, tamaño de planta, viabilidad técnica, TIRE, TMAR, VANE

ABSTRACT

The thesis entitled "Application of *Moringa oleifera* seed as coagulant-flocculant in the process of reducing arsenic present in water for human consumption in Candarave district, Candarave province, Tacna Region", is a research project that seeks a social, environmental and monetary benefit. The main objective is to reduce the arsenic present in water for human consumption by applying moringa seed after oil extraction, as a coagulant-flocculant. For this, a descriptive and applied methodology was used by integrative level, it intends to evaluate the effectiveness of the coagulant properties of *moringa oleifera* on the arsenic toxicity present in water for human consumption. The results of the experimental phase of the project determined that with a dose of 4 g/L and a removal time of 3 hours, the highest percentage of arsenic removal was achieved in the town of Talaca (90 %), Candarave (83 %) and San Pedro (96 %); which allowed an investment project to be carried out with the objective of commercializing the oil and the coagulant-flocculant of moringa. It began with a market research where it was found that there is a demand to cover, later an evaluation of the location and the appropriate size of the plant was carried out, getting as result the Tacna city like the best option due to its proximity to the target market, getting a production of 23 110 Kg of coagulant-flocculant and 9 925 litres of oil in the first year. For technical viability, the production process, machinery and equipment necessary for the transformation of the raw material were determined, the presentation was also designed and the technical sheet for each product was drawn up. The economic evaluation of the cash flow of the project demonstrated its viability within a demanding scenario (TMAR=19,20 %), getting an NPV of S/1 211 884,85 and an IRR of 47 %. Finally, a prototype was designed for the treatment of water for human consumption by applying the coagulant-flocculant moringa.

Keywords: arsenic, *moringa oleifera*, market research, plant location, plant size, technical feasibility, TIRE, TMAR, VANE

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, se estima que por lo menos 4,5 millones de personas en Latinoamérica consumen de forma cotidiana agua con niveles de arsénico que pone en riesgo su salud. Se sabe que existen dos fuentes de agua potable, superficial y subterránea, esta última en muchos casos supera el límite permisible por la Organización Mundial de la Salud (Medina-Pizzali et al., 2018).

En el Perú, a pesar que el acceso a un suministro de agua de calidad es un elemento fundamental del derecho a la salud, aún existen millones de personas que viven en zonas rurales sin acceso a agua potable y/o alcantarillado. Asimismo, la creciente contaminación de ríos, que sirven como fuente de consumo humano, se debe a la explotación minera; ya sea formal o informal, y a las aguas residuales de varias industrias. Como resultado en los últimos años se registró más de 9 000 casos de personas expuestas a metales tóxicos en el país (Amnistía Internacional, 2019).

En la Región Tacna el agua que se consume proviene de los ríos Callazas, Salado, Uchusuma, Sama, Caplina, Locumba y en otros casos de manantiales; los cuales, por sus orígenes volcánicos tienen una alta concentración de arsénico que alcanza el 1,2 mg/L superando a gran escala el 0,01 mg/L permitido y siendo uno de los más altos niveles registrados en el Perú.

Además, diversos estudios relacionan el consumo permanente de agua contaminada con arsénico con enfermedades cancerígenas. Como, por ejemplo, la investigación “Cáncer de Pulmón en América Latina: es hora de dejar de mirar hacia otro lado” concluyó que esta enfermedad causa más de 60 mil muertes anuales en países latinos por causas como el consumo de tabaco y la presencia de arsénico en el agua potable (Espinoza, 2018). Asimismo, se ha registrado un aumento de mortalidad por cáncer en la Región Tacna en los últimos años; especialmente en la etapa de adulto mayor; ya que, a mayor tiempo de exposición al arsénico trae mayores consecuencias negativas en la salud.

Es por ello, que mediante el presente trabajo de investigación se pretende reducir los altos niveles de arsénico del agua para consumo humano a través del uso de la *moringa oleífera*; proponiendo el diseño de un sistema de tratamiento de agua con el propósito de mejorar la calidad del agua para consumo humano. Asimismo, realizar una evaluación económica del proyecto para determinar su viabilidad.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

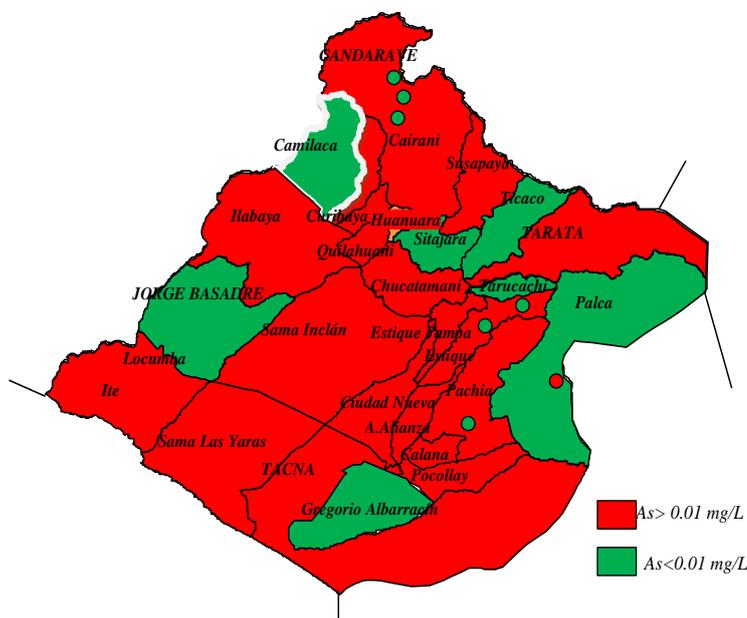
En el Perú, son escasos los estudios que describen la situación del arsénico en el agua potable. Algunos de estos se han realizado en Puno, Moquegua, Lima, Callao, la Oroya, Arequipa, Huancayo, Cerro de Pasco, entre otros, obteniendo resultados desfavorables para la población debido a que superan en gran medida los niveles máximos permisibles de metales pesados por la OMS. La mayoría de estudios se han realizado en la Región Tacna relacionando el arsénico con diversos problemas en la salud, sin embargo, muy pocos brindan una solución viable que pueda mejorar la situación actual.

Además, el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano aprobado por el D.S. N° 031-2010-SA señala que las Direcciones Regionales de Salud (DIRESA) son las encargadas de realizar cada año la vigilancia de la calidad del agua. A partir de esta norma, la DIRESA (2019) de la Región Tacna realizó estudios cuyos resultados muestran la afectación y vulneración al derecho a la salud por consumo de agua contaminada con arsénico, plomo y boro. En la Figura 1, se muestra el mapa de riesgo de arsénico en agua de consumo humano de la Región Tacna.

En la Tabla 1, se muestra los centros poblados que superan el límite máximo permitido de arsénico en el agua de las cuatro provincias de la región Tacna. En la provincia de Tacna, el arsénico se presenta desde 0,012 hasta 0,75 mg/L; en Jorge Basadre, desde 0,07 hasta 0,85 mg/L; en Tarata, desde 0,014 hasta 1,24 mg/L; y en Candarave, desde 0,032 hasta 1,18 mg/L. Siendo las localidades de Estique (1,12 mg/L), Talaca (1,17 mg/L), Pallata (1,18 mg/L) y Coracorani (1,24 mg/L) las que superan en 110 veces más el nivel permitido por la OMS.

Figura 1

Mapa de riesgo por arsénico en agua de consumo humano en la Región Tacna



Nota. Las localidades de color rojo superan el nivel de arsénico permitido por la OMS (0,01 mg/L As) y los de color verde están dentro del parámetro.

Tabla 1

Localidades que superan el límite máximo permitido de arsénico en el agua para consumo humano por provincia en la región Tacna, 2018

Provincia	Centro Poblado/ Localidad	As mg/L	Población expuesta
Tacna	Vilavilani	0,02131	242
	Chullpapalca	0,74555	32
	Causuri	0,01217	9
	Toquela	0,01437	42
	Caplina	0,07375	291
	Poquera – Chapi	0,15	320
	Tomasiri	0,15	589
	Río Kaño	0,13205	250
	Boca del Río	0,05239	340
	El Chasqui	0,05594	
Jorge Basadre	Las Yaras	0,09	6235
	Oconchay	0,07	200
	Mirave	0,07	112
	Ticapampa	0,84	210
	Poquera	0,72	50
	Chulibaya	0,84	100
TACNA	Chululuni	0,08898	260
	talabaya	0,8583	1574

Continuación Tabla 1.

Provincia	Centro Poblado/ Localidad	As mg/L	Población expuesta
Tarata	Tarata	0,05128	2154
	Susapaya	0,04110	485
	Tarucachi 2	0,01765	315
	Chucatomani	0,04586	211
	Pistala	0,06800	50
	Estique	1,1168	504
	Estique Pampa	0,01404	25
	Chipispaya	0,80983	210
	Coracorani	1,2387	122
Candarave	San Pedro	0,61190	160
	Candarave	0,62794	1319
	Curibaya	0,77	78
	Aricota	0,64163	250
	Huaytiri	0,03219	169
	Talaca	1,1700	120
	Huanuara	0,75968	652
	Cairani	0,41955	319
	Marjani	0,36855	12
	Pallata	1,1824	100
	Quilahuani	0,32035	481
	Ancocala	0,28248	209
	Calacala	0,45788	180
	Yarabamba	0,49986	264
	Total (personas)		

Nota. Elaboración propia según los datos obtenidos por la Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental - DIRESA (2019) de los niveles de arsénico y número de personas expuestas en la Región Tacna.

La presencia de altas concentraciones de arsénico en el agua para consumo humano en la Región Tacna se debe a la captación de aguas subterráneas y superficiales de zonas volcánicas y de zonas mineras donde se ha producido oxidación de minerales sulfurados, principalmente, donde se extrae plomo y cobre (Alarcón et al., 2013). En consecuencia, la exposición a altos niveles de arsénico por un periodo prolongado puede causar enfermedades cancerígenas y no cancerígenas como se detalla en la Tabla 2.

Asimismo, a lo largo de los años se ha estudiado la relación arsénico-cáncer; por ejemplo, Jonathan Sir Hutchinson, un médico inglés que dedicó gran parte de su vida al tratamiento de cáncer, detalló en sus estudios “*Arsenic Cancer*” (1887) y “*On*

some examples of arsenic-Kerasotes of the skin and arsenic cancer” (1888) que por más de 200 años el arsénico inorgánico fue utilizado para tratar condiciones como la anemia, epilepsia y enfermedades de la piel. Hasta que, en 1887, Hutchinson notara que los pacientes que fueron tratados con arsenicales en el hospital que laboraba presentaban tumores cancerígenos en la piel; incrementando su interés en el tema, por lo que estudió a 262 pacientes, entre 6 y 26 años, teniendo como resultado que a mayor dosis consumida y a mayor tiempo de exposición la persona desarrolló más células cancerígenas ocasionándole cáncer a la piel y a otros órganos.

También, los médicos científicos Smith et al. (2000) en la investigación titulada *“Contamination of drinking-water by arsenic in Bangladesh: A public health emergency”* estudiaron casos donde se reportaron un incremento de mortalidad por cáncer a causa de una exposición crónica con arsénico por agua potable en los países de Bangladesh, Argentina, Chile, China, India, México, Taiwán, Tailandia y Estados Unidos, concluyendo que las personas que toman agua con más de 0,5 mg/L de arsénico en un periodo de exposición de 10 años desde la primera exposición se manifiesta lesiones cutáneas y en un periodo de más de 20 años se presenta cánceres a la piel y a otros órganos internos; además, por cada 10 personas, uno puede acabar muriendo de cáncer al pulmón, vejiga o piel.

Tabla 2

Efectos sobre la salud por exposición de arsénico

Efectos sobre los aparatos y sistemas	Enfermedades
Efectos gastrointestinales	Gastroenteritis hemorrágica
Efectos hepáticos	Necrosis hepática, hepatitis tóxica, hipertensión y angiosarcoma hepático
Efectos renales	Insuficiencia renal aguda
Efectos cardiovasculares	Cardiomiopatía, enfermedad de Raynaud
Efectos neurológicos	Neuropatía periférica, encefalopatías
Efectos dérmicos	Hiperqueratosis palmo-plantares e hiperpigmentación irregular
Efectos respiratorios	Cáncer de pulmón
Efectos hematopoyéticos, hematológicos y linfáticos	Pancitopenia, anemia y leucopenia
Efectos reproductivos	Abortos espontáneos y malformaciones congénitas
Efectos carcinogénicos	Hígado, piel, pulmón, próstata, riñón, vejiga, vesícula, vías digestivas, sistema linfático y hematopoyético.

Nota. Elaboración propia según la información del Instituto Nacional del Cáncer (2015) y *Agency of Toxicology and Environmental* (2009).

A fin de ratificar esta relación, se detalla en la Tabla 3 los casos de tumores malignos registrados en el año 2019 según etapas de vida y a su vez, se observa que en la etapa de adulto (27,05 %) y adulto mayor (67,94 %) se registran el mayor número de casos que podrían ser consecuencia de la ingesta prolongada de arsénico.

Tabla 3

Casos de tumor maligno que podrían derivar de la ingesta de arsénico según etapas de vida, Región Tacna, 2019

Categoría de tumor maligno (T.M.)	0-17 a	18-29 a	30-59 a	60 a <	Total
T.M. del estómago	-	-	15	18	33
T.M. del intestino delgado	-	-	-	1	1
T.M. del colon	-	-	36	32	68
T.M. de la unión rectosigmoidea	-	-	2	-	2
T.M. del recto	-	1	11	3	15
T.M. del ano y del conducto anal	-	1	2	1	4
T.M. del hígado y de las vías biliares intrahepáticas	-	-	3	18	21
T.M. de la vesícula biliar	1	-	5	9	15
T.M. de otras partes de las vías BI	-	-	1	2	3
T.M. del páncreas	1	-	2	3	6
T.M. de los senos paranasales	3	1	-	2	6
T.M. de los bronquios y del pulmón	-	2	3	22	27
T.M. del corazón, del mediastino y de la pleura	-	-	4	-	4
Melanoma maligno de la piel	-	-	9	19	28
Otros tumores malignos de la piel	-	2	15	42	59
Mesotelioma	1	-	-	1	2
Sarcoma de Kaposi	-	2	-	-	2
T.M. de los nervios periféricos y del sistema nervioso autónomo	1	-	1	1	3
T.M. de otros tejidos conjuntivos y de tejidos blandos	-	-	2	7	9
Tumor maligno de la próstata	-	-	5	118	123
T.M. del riñón, excepto de la pelvis renal	-	-	1	12	13
T.M. de la vejiga urinaria	-	-	-	19	19
T.M. de otros órganos urinarios	-	-	1	-	1
T.M. del encéfalo	-	5	2	-	7
T.M. de la médula espinal, de los nervios craneales y de otra	1	-	-	4	5

Continuación Tabla 3.

Categoría de tumor maligno (T.M.)	0-17 a	18-29 a	30-59 a	60 a <	Total
T.M. secundario de los órganos respiratorios y digestivos	-	-	1	4	5
Linfoma de Hodgkin	-	-	1	1	2
Linfoma no folicular	-	-	2	-	2
Linfoma de células T / NK maduras	3	-	-	-	3
Linfoma no Hodgkin de otro tipo	-	-	7	-	7
Leucemia linfoide	-	-	1	-	1
Leucemia mieloide	-	-	3	-	3
Total (personas)	11	14	135	339	499
Total (%)	2,20	2,81	27,05	67,94	100,00

Nota. Elaboración propia según los datos registrados por la DIRESA Tacna correspondientes al año 2019.

A raíz de estos estudios y datos obtenidos por el MINSA se puede ver la problemática actual que aqueja a todas las personas que están expuestas a altos niveles de arsénico por periodos prolongados y, como resultado, ponen en peligro su salud y hasta su vida.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

Los altos índices de arsénico presente en el agua para consumo humano en el distrito de Candarave, provincia de Candarave, Región Tacna.

Por lo cual, crea la necesidad de plantear la siguiente interrogante:

¿Es posible reducir los altos índices de arsénico presente en el agua para consumo humano mediante un plan de industrialización y la aplicación del coagulante-floculante moringa, en el distrito de Candarave?

1.2.2 Problemas específicos

De esta pregunta general se derivan las siguientes subpreguntas:

- a. ¿Cuál es la concentración de arsénico presente en el agua para consumo humano de las localidades de Candarave, San Pedro y Talaca?

- b. ¿Cuál es la cantidad de moringa y el tiempo de remoción óptimo en el proceso de reducción del arsénico presente en el agua para consumo humano?
- c. ¿Cuál es la demanda específica del proyecto?
- d. ¿Cuál es la localización y el tamaño ideal para la planta de producción?
- e. ¿Cuál es el proceso de producción para la obtención de aceite y coagulante-floculante moringa?
- f. ¿Es viable económicamente el proyecto de comercialización de aceite y coagulante-floculante moringa?
- g. ¿Cómo aplicar el coagulante-floculante moringa en el proceso de reducción del arsénico presente en el agua para consumo humano?

1.3 Justificación e importancia

1.3.1 Justificación práctica

De acuerdo a lo planteado en la descripción del problema se puede observar que las provincias de Tarata y Candarave registran los niveles más altos de arsénico en la Región Tacna. Luego de un análisis minucioso se determinó realizar el estudio en la provincia de Candarave porque más del 80 % de su población está expuesta a altos niveles de arsénico mientras que en Tarata solo el 63 %.

La presencia de altas concentraciones de arsénico en casi toda su área geográfica de la provincia de Candarave se debe a que cuenta con dos volcanes, Yucamani y Tutupaca; y hace 60 años viene siendo contaminada por los relaves que deja la minería donde se extrae principalmente cobre por la empresa Southern Perú.

Además, en la provincia de Candarave no existe plantas de tratamiento de agua potable en sus distritos y centros poblados que remuevan metales pesados; solo hay un sistema de agua potable por gravedad con planta de tratamiento para captaciones de agua del río Callazas y sin planta de tratamiento para captaciones de agua en manantiales.

Por ende, con esta investigación se busca el beneficio no solo de la población de Candarave, sino también de todas las personas que consumen a diario altos niveles de arsénico en el agua.

1.3.2 Justificación teórica

La presente investigación está encaminada a encontrar una alternativa de solución para reducir los altos niveles de arsénico presente en el agua para consumo humano utilizando las propiedades de coagulación-floculación que posee la semilla de *moringa oleífera* y así disminuir con el tiempo el riesgo de contraer enfermedades provocadas por la ingesta prolongada de este metaloide. Asimismo, se evaluará el porcentaje de remoción de arsénico para determinar si se cumple con los límites permisibles establecidos por la OMS, la DIGESA y las NTP.

El proceso de coagulación-floculación con sulfato de aluminio es el más utilizado en el Perú, por lo que, se desconoce el uso de sustancias naturales aplicadas en este proceso en plantas de tratamiento de agua para consumo humano. Además, se ha demostrado que el sulfato de aluminio produce altos costos con respecto al tratamiento de lodos residuales de este proceso y a su vez, estudios indican que las sales de aluminio pueden causar daños en el sistema nervioso llegando a generar enfermedades como el alzheimer (Pico Vargas, 2017).

Por ende, esta investigación sería un aporte valioso; ya que, busca una nueva forma de tratamiento de agua para consumo humano utilizando la semilla de moringa en el proceso de coagulación-floculación.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Reducir los altos índices de arsénico presente en el agua para consumo humano mediante un plan de industrialización y la aplicación de la semilla de moringa como coagulante-floculante, previa extracción del aceite, en el distrito de Candarave, provincia de Candarave, Región Tacna.

1.4.2 Objetivos específicos

- a. Determinar la concentración de arsénico presente en el agua para consumo humano de las localidades de Candarave, San Pedro y Talaca.

- b. Determinar la cantidad de moringa y el tiempo de remoción óptimo en el proceso de reducción del arsénico presente en el agua para consumo humano.
- c. Determinar la demanda específica del proyecto.
- d. Determinar la localización y tamaño de la planta de producción.
- e. Diseñar el proceso de obtención de aceite y coagulante-floculante moringa.
- f. Evaluar la viabilidad económica del proyecto de comercialización de aceite y coagulante-floculante moringa.
- g. Proponer el diseño de un modelo piloto para la aplicación del coagulante-floculante moringa en el agua para consumo humano.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del estudio

2.1.1 Antecedentes internacionales

Gupta et al. (2005), en su artículo científico “*Therapeutic effects of Moringa Oleifera on arsenic - induced toxicity in rats*”, realizaron una investigación sobre la eficacia terapéutica de la administración oral del polvo de semilla de *moringa oleifera* (500 mg/Kg, una vez al día) después de la exposición al arsénico (As⁺³ 100 ppm en agua potable durante cuatro meses) en ratas. Los animales expuestos presentaron una inhibición significativa en la actividad ALAD (ácido 5-aminolevulínico), una reducción en nivel de glutatión (GSH) y un aumento de las especies reactivas de oxígeno (ROS) en la sangre. Posterior al tratamiento con moringa las ratas presentaron una recuperación en la actividad ALAD, se restablecieron los niveles de glutatión y el ROS en la sangre. Los resultados obtenidos del estudio llevan a concluir que la administración de moringa posterior a la exposición al arsénico es importante para la protección de los animales frente al estrés oxidativo (envejecimiento) inducido por el arsénico.

Paredes (2012), en su tesis titulada “Remoción de arsénico del agua para uso y consumo humano mediante diferentes materiales de adsorción”, estudió la remoción de arsénico del agua mediante diferentes medios adsorbentes a nivel laboratorio para que cumpla los requerimientos de los límites permisibles que marca la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994. Para ello, utilizó dos tipos de agua: sintética y natural; y empleó tres tipos de adsorbentes: dióxido de titanio (DOW), óxido-hidróxido de hierro (goethita) y pectina de maracuyá, concluyendo que el mejor adsorbente tanto para el agua sintética como para el agua natural fue la goethita, logrando remover el 98 % de arsénico, seguida por el 93 % (DOW) y la pectina de maracuyá que removió hasta un 90 % el nivel de arsénico inicial de 0,20 mg/L.

Pico Vargas (2017), en su tesis titulada “Evaluación de la concentración óptima de semillas trituradas de *Moringa Oleifera Lam.*, en el proceso de coagulación-floculación en comparación con el Sulfato de Aluminio”, evaluó el rendimiento entre la semilla de moringa (coagulante natural) y el sulfato de aluminio (coagulante sintético) con el fin de demostrar que un agente coagulante natural puede llegar a tener un rendimiento igual o superior a un agente sintético. Llegando a la conclusión que una concentración de 225 mg/L de moringa remueve el 90 % de turbidez siendo

superior a 10 ml/L $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ que remueve el 86 %; en el caso de la demanda química de oxígeno (DQO), fue superior el $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ con 60 % de remoción frente a 50 %. Por otra parte, con respecto a la bacteria E. Coli, el $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ tiene un promedio de remoción de 99 % y la moringa muestra una mejor remoción a medida que se aumenta la dosis; sin embargo, en las mediciones de pH sucede lo contrario; es decir, la moringa conserva el pH en 7,4 y 7,7; y el $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ disminuye el pH cuando su concentración es mayor. Por lo tanto, concluyó que la moringa puede sustituir al sulfato de aluminio de manera parcial o total para así disminuir las desventajas en relación a la salud.

En la investigación titulada “*Arsenic removal from the aqueous system using plant biomass: a bioremedial approach*” realizada por Kumari et al. (2005) determinaron la propiedad de absorción de la biomasa de semilla de moringa para la eliminación de arsénico [As (V) y As (III)] de soluciones acuosas. Concluyendo que la estandarización de condiciones óptimas tales como dosis de biomasa (2 g), concentraciones de metales (25 ppm), tiempo de contacto (60 min) y volumen de las soluciones de prueba (200 ml) a pH 7,5 para As (III) y pH 2,5 para As (V). La absorción máxima para las especies As (III) y As (V) es 60,21 % y 85,6 %, respectivamente.

Hernández et al. (2017), en su tesis titulada “Evaluación de la efectividad de la semilla Teberinto (*moringa oleifera lam.*) como método de remoción de arsénico y plomo en agua para consumo humano”, evaluaron la efectividad de la semilla de *moringa oleifera lam.* en la remoción de arsénico y plomo; aunque logró remover más del 80 % de arsénico, no se cumplió con los valores establecidos por la normativa de agua potable; mientras que, en el caso del plomo, logró remover más del 98 % cumpliendo con los límites máximos exigidos por normativa.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Ayros y Coaquira (2015), en su tesis titulada “Optimización del proceso de coagulación-floculación para la eliminación de arsénico en la planta de tratamiento de agua potable Hernán Perochena – Mollendo”, determinaron que los parámetros de mayor influencia en el proceso son: una concentración de cloruro férrico (FeCl_3) a 45 mg/L, un pH de 6,5 a 7 y con una gradiente de velocidad de 50 RPM durante 30 minutos. Obteniendo una remoción de 0,23 mg/L a 0,005 mg/L de arsénico; cumpliendo con el parámetro establecido por la OMS.

Fiestas y Millones (2019), en su tesis titulada “Influencia de la concentración y el tiempo de contacto del carbón activado de cáscara de coco en la remoción de arsénico de aguas subterráneas de Mórrope”, evaluaron tres concentraciones de cáscara de coco: 2, 4 y 6 g/L con tres tiempos de contacto: 1, 2 y 3 horas; concluyendo, que la remoción más alta fue de 72 % (6 g/L en 3 h), ya que se redujo de 0,11 mg/L a 0,0297 mg/L de arsénico.

Pomalaza y Victoria (2016), en su tesis titulada “Optimización del método de coagulación-floculación para la remoción de arsénico de fuentes de agua potable empleando sulfato de aluminio tipo A”, determinaron que la dosis óptima es 120 mg $Al_2(SO_4)_3/L$ a una temperatura de 16 °C, pH 8, con una duración de mezcla rápida de 5 minutos y 200 RPM, con una duración de mezcla lenta de 15 minutos y 60 RPM, y un tiempo de sedimentación de 30 minutos se puede reducir hasta un 89,14% de arsénico.

Laura (2018), en su tesis titulada “Estudio de la determinación de la actividad floculante en aguas provenientes del río Chili conteniendo As, Pb y Cr tratados con pectina obtenidos a partir de la cáscara de naranja, limón y mandarina”, concluyó que al trabajar con pectina de naranja se obtuvo una remoción de 43,13% de As, 17,65% de Cr; con respecto a la pectina de limón logró remover 40,89% de As, 11,76% de Cr y al trabajar con la pectina de mandarina removió 43,64% de As, 71,95% de Pb. Por lo tanto, el limón tiene mejor remoción de plomo y la mandarina tiene mejor remoción de arsénico y plomo.

2.1.3 Antecedentes locales

Liñán (2016), en su investigación “Remoción de arsénico en agua por raíces de cebolla, *Allium cepa*, bajo condiciones de laboratorio”, determinó la capacidad de las raíces de cebolla en la remoción de arsénico concentradas experimentalmente en agua. Utilizó tres concentraciones de arsénico: 0,1, 0,2 y 0,4 mg/L para cultivo de las raicillas de cebolla (150 g) por periodo de 3 a 6 días; concluyendo, que las raicillas remueven más del 67 % de arsénico presente en el agua cuando la concentración es de 0,1 mg/L y en un periodo de 6 días; sin embargo, en las concentraciones de 0,2 y 0,4 mg/L no hubo remoción del metal debido a su alta concentración.

Jiménez y Lemos (2018), en su tesis titulada “Establecimiento de condiciones óptimas de operación, basadas en dosificaciones diferenciadas de coagulante y floculante para reducir los niveles de arsénico (As) en el proceso convencional de

potabilización de agua, en la minería del sur de Perú”, realizaron su investigación utilizando como fuente de agua el río Uchusuma, y evaluaron tres tipos de floculantes (aniónico, catiónico y no iónico) y cuatro coagulantes inorgánicos (sulfato de aluminio, cloruro férrico, sulfato férrico y ploricloruro de aluminio). Afirmando que el cloruro férrico fue el mejor floculante, ya que demostró un mejor desempeño en abatimiento de As con dosis óptimas de 34 y 40 ppm; asimismo, seleccionaron como mejor floculante un polímero catiónico con dosis óptimas entre 0,3 y 0,4 ppm. En el ámbito económico, estimaron que para sistemas de potabilización de alto consumo el costo unitario oscilaría entre 0,022 y 0,026 \$/m³, mientras que para pequeños proyectos mineros el costo unitario puede oscilar entre 0,055 y 0,068 \$/m³.

Liñán (2017), en su investigación titulada “Disminución de los niveles de arsénico por *Zea mays* bajo condiciones de laboratorio, Tacna – 2016”, utilizó plántulas de maíz que tenían una longitud de 15 cm y tres niveles de concentración de arsénico: 0,2, 0,4 y 0,6 mg/L durante un periodo de 10 días. Obteniendo como resultado que las plántulas de maíz absorben más del 50 % de arsénico y no existe diferencia entre las unidades experimentales.

Zapana (2016), en su tesis titulada “Estudio de remoción de arsénico del agua del río Sama - Tacna, empleando Fe^o y ácido cítrico, 2014”, estudió la remoción de arsénico del agua proveniente del río Sama (0,37 mg/L As) con la finalidad de presentar un método alternativo, económico, eficiente y práctico, por ello, empleó insumos de uso comercial como: 1,6 g de lana de acero (hierro) y 1,6 gotas de ácido cítrico (jugo de limón) con una agitación constante a 40 RPM durante 230 minutos. Logrando obtener una remoción del 96 % de arsénico y así, cumplió con los parámetros establecidos por la OMS (0,01 mg/L As).

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Requisitos de calidad del agua para consumo humano

La Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Decreto Supremo N° 031-2010-SA, emitido por el Ministerio de Salud (MINSA), hacen referencia al Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, la cual establece los límites máximos permisibles con respecto a parámetros organolépticos (Tabla 4) y químicos inorgánicos (Tabla 5); siendo los parámetros pH (6,5 a 8,5) y arsénico (0,01 mg/L) los más importantes para este estudio.

Tabla 4*Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica según OMS*

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
Olor	--	Aceptable
Sabor	--	Aceptable
Color	UCV escala Pt/Co	15
Turbiedad	UNT	5
pH	Valor de Ph	6,5 a 8,5
Conductividad (25°C)	µmho/cm	1 500
Sólidos totales disueltos	mgL ⁻¹	1 000
Cloruros	mg Cl L ⁻¹	250
Sulfatos	mg SO ₄ L ⁻¹	250
Dureza total	Mg CaCO ₃ L ⁻¹	500
Amoniaco	mg N L ⁻¹	1,5
Hierro	mg Fe L ⁻¹	0,3
Manganeso	mg Mn L ⁻¹	0,4
Aluminio	mg Al L ⁻¹	0,2
Cobre	mg Cu L ⁻¹	2,0
Zinc	mg Zn L ⁻¹	3,0
Sodio	Mg Na L ⁻¹	200

Nota. Datos según el Ministerio de Salud (2010) y OMS (2011).**Tabla 5***Límites máximos permisibles de parámetros químicos inorgánicos según OMS*

Parámetros inorgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
Antimonio	mg Sb L ⁻¹	0,020
Arsénico	mg As L ⁻¹	0,010
Bario	mg Ba L ⁻¹	0,700
Boro	mg B L ⁻¹	1,500
Cadmio	mg Cd L ⁻¹	0,003
Cianuro	mg CN L ⁻¹	0,070
Cloro	mg L ⁻¹	5
Clorito	mg L ⁻¹	0,7
Clorato	mg L ⁻¹	0,7
Cromo total	mg Cr L ⁻¹	0,050
Flúor	mg F L ⁻¹	1,000
Mercurio	mg Hg L ⁻¹	0,001
Níquel	Mg Ni L ⁻¹	0,020
Nitratos	mg NO ₃ L ⁻¹	50,00
Nitritos	Mg NO ₂ L ⁻¹	3,00 Exposición corta 0,20 Exposición larga
Plomo	mg Pb L ⁻¹	0,010
Selenio	mg Se L ⁻¹	0,010
Molibdeno	mg MoL ⁻¹	0,07
Uranio	mg U L ⁻¹	0,015

Nota. Datos según el Ministerio de Salud (2010) y OMS (2011).

Por otra parte, la Norma Técnica Peruana NTP 214.003:1987 (revisada el 2014) establece los límites máximos permisibles de parámetros químicos inorgánicos que debe cumplir el agua para ser considerada potable; como se puede observar en la Tabla 6, que el nivel máximo aceptable de arsénico es 0,5 mg/L, siendo 50 veces más del nivel que permite la OMS o el MINSA.

Tabla 6

Límites máximos permisibles de parámetros químicos inorgánicos según NTP

Constituyentes inorgánicos	Valor máximo admisible (mg/L)
Arsénico (As)	0,5
Bario (Ba)	1,0
Cadmio (Cd)	0,005
Cromo total (Cr)	0,05
Cianuro (CN)	0,1
Plomo (Pb)	0,05
Mercurio (Hg)	0,001
Nitrato (NO ₃)	45
Selenio (Se)	0,01

Nota. Datos según la Norma Técnica Peruana NTP 214.003:1987 (revisada el 2014).

2.2.2 Moringa Oleífera

La *moringa oleífera* es el único género de la familia Moringaceae. Es un árbol nativo del nordeste de la India que data de unos 2000 años A.C. También es cultivado en Bangladesh, Afganistán, Pakistán, África, China y gran parte de América central y sur. Es conocido con varios nombres comunes: acacia, ben, teberinto, palo de jeringa, jazmín francés, tilo americano, etc.

En el Perú se comprobó su adaptabilidad desde el año 1999 en Villacurí - Ica y en los últimos años, la producción de moringa ha ido incrementándose principalmente en las ciudades del norte del país y en el sur, Arequipa, Moquegua y Tacna, y se podría cultivar en toda la costa peruana porque solo requiere de 300 mm agua/año (1 mm de agua de lluvia equivale a 1 L/m³ de agua) y una altitud menor a 1800 m.s.n.m.

Actualmente, se viene desarrollando el Proyecto especial binacional Puyango – Tumbes a cargo del Ministerio de Agricultura y Riego; el cual abarca 20 000

hectáreas en la zona fronteriza de Ecuador y Perú. Este proyecto consiste en trabajar con los agricultores y que estos puedan conocer los beneficios de la moringa y puedan cultivarla como alimento para la ganadería reemplazando al árbol de algarrobo que se utiliza como leña y carbón (Gonzales Obando, 2019).

En el año 2013, se registró un total de 20 hectáreas en las regiones de Ica, Lima, Piura y Madre de Dios (Agencia Agraria de Noticias, 2013). Asimismo, la Agencia Agraria de Lambayeque (2011) desarrolló un proyecto de cultivo de moringa que inició con 2 hectáreas en el distrito Patapo en el año 2010 con miras a expandirse en toda la región.

Según el diario digital Agraria.pe (2013), un árbol de moringa produce en el primer año 1000 Kg/Ha, en el segundo, 2000 Kg/Ha, y a partir del tercer año, 3000 Kg/Ha hasta los 25 años, cuando finaliza su vida útil. La cosecha de semilla se realiza 2 veces al año.

En la Tabla 7, podemos observar que existen alrededor de 20 044 hectáreas de plantaciones de moringa en el Perú; por lo cual, se calcula que hay aproximadamente una producción anual de 120 264 toneladas de semilla de moringa.

Tabla 7

Producción anual aproximada de semilla de moringa en el Perú, 2020

Región	Total de hectáreas	Producción anual de semilla de moringa (Tn)
Zona fronteriza de Ecuador y Perú	20 000	120 000
Ica, Lima, Piura y Madre de Dios	20	120
Lambayeque	2	12
Arequipa (*)	10	60
Moquegua (*)	5	30
Tacna (*)	7	42
Total	20 044	120 264

Nota. Para estimar la producción anual de semilla de moringa en el Perú se ha tomado en cuenta el total de hectáreas sembradas, la cual se multiplicó por el total de semillas cosechadas después del tercer año de cultivo por 2 periodos al año, debido a que, no existe información alguna en el Ministerio de Agricultura y Riego. (*) Información obtenida de entrevistas a productores de dichas zonas (llamadas telefónicas).

2.2.2.1 Descripción botánica de la especie

La *moringa oleífera* es un árbol deciduo, de rápido crecimiento, resistente a la sequía y cultivado en zonas tropicales y subtropicales. Alcanza de 10 a 12 metros de

alto, tiene una copa poco densa de forma abierta y esparcida de ramas inclinadas y frágiles (tipo acacia), el tronco tiene una corteza gruesa y de aspecto corchosa. Esta planta posee un gran aporte nutricional y medicinal.

Normalmente las hojas y las semillas de la moringa son las que tienen mayor concentración de antioxidantes, vitamina A, vitamina B, vitamina C, vitamina K y vitamina E.

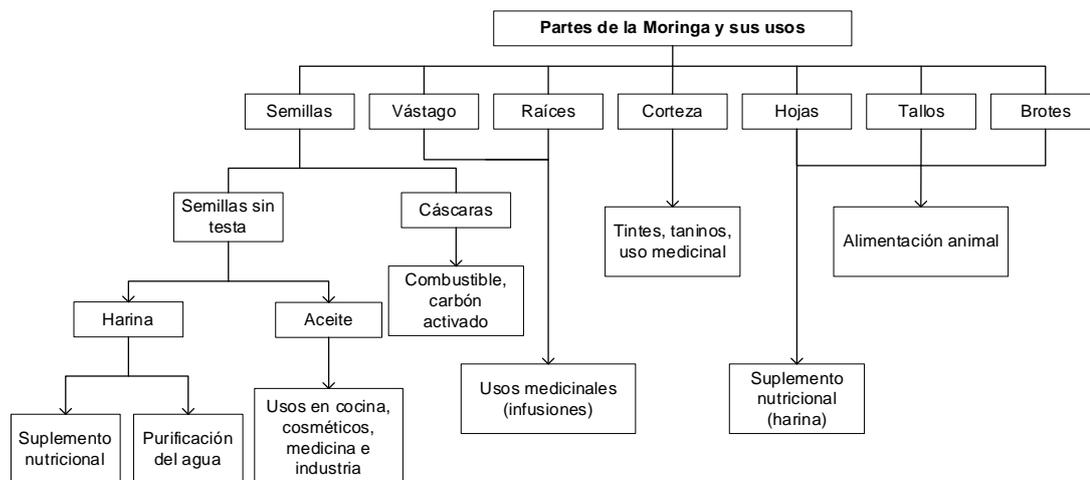
La semilla de moringa presenta compuestos glucosinolatos y fenólicos. Cada glucosinolato contiene un átomo de carbono central que supuestamente está unido al grupo tioglucosa (para formar una cetoxima asulfatada) a través de un átomo de azufre y también unido a un grupo de sulfato a través de un átomo de nitrógeno. Estos grupos funcionales que contienen azufre y nitrógeno son responsables de un buen secuestro de metales a partir de una solución acuosa (Shinomol et al., 2016).

Los compuestos fenólicos, como: la quercetina, el ácido clorogénico, kaempferol, alanita, arginina y beta-caroteno, que evita el envejecimiento, incita la aparición de los antioxidantes SOD (superóxido dismutasa) y catalasa (alivian enfermedades inflamatorias, infecciosas, entre otras); además, contiene niazimicin que resguarda al organismo de contraer cáncer (Hablemosdeflores, s.f.).

2.2.2.2 Aplicaciones de la moringa en diferentes sectores industriales

Muchos llaman a la moringa como el árbol de la vida porque tiene cientos de beneficios que pueden ser aprovechados por las personas y animales. En la Figura 2, se puntualiza que cada parte de la moringa puede servir en diferentes sectores industriales, por ejemplo, los brotes, tallos y hojas pueden ser aplicados en el sector pecuario como alimento para los animales, en el sector agrícola como pesticida y en el sector de hidrocarburos como biogás; la corteza puede ser utilizada en el sector de la medicina natural, en la fabricación alfombras y sogas, y en la adsorción de metales pesados como el níquel; las raíces y el vástago tienen usos medicinales.

La semilla de moringa puede ser utilizada en el sector de servicio de agua potable y saneamiento como coagulante natural; el aceite extraído de la semilla, puede ser empleado en la cosmetología, medicina y en la alimentación humana, ya que, contiene 73 % de ácido oleico similar al aceite de oliva y la cáscara puede ser transformada en carbón activado para la purificación del agua.

Figura 2*Diversas aplicaciones de la moringa*

Nota. Adaptada de Folkard y Sutherland (1996), Rosales et al. (2019) y García (2013).

Si bien es cierto que el árbol de la vida tiene muchos beneficios, es importante mencionar que se debe evitar el consumo de la raíz y sus extractos porque esta puede contener sustancias tóxicas que pueden causar parálisis, abortos y la muerte en las personas.

2.2.2.3 Utilización de la moringa en tratamientos de agua

En las escrituras bíblicas Éxodo 15:22-27 y Apocalipsis 22:2-3 se menciona un árbol que Moisés usó para purificar el agua del río Mara y que las hojas del árbol de la vida son la sanidad de las naciones, pero estas afirmaciones carecen de fundamento científico, aunque la moringa posea propiedades curativas y purificantes del agua y crezca en el continente africano.

Las semillas han sido utilizadas desde hace siglos por las mujeres de China, quienes al buscar agua para sus quehaceres domésticos detectaron que cierta semilla de un árbol (moringa) purificaba el agua turbia del río haciendo que esta se volviera cristalina (Parrotta, 1993, como se citó en Núñez, 2007).

Los coagulantes naturales son sustancias solubles en agua, pueden ser de origen vegetal o animal. Estas capturan las partículas en suspensión que contiene el agua cruda, facilitando su sedimentación. Su origen natural garantiza la inocuidad y la biodegradabilidad de los lodos producidos permitiendo su utilización en la

agricultura. A parte, de la moringa existe otros coagulantes naturales como: las semillas de almendra, albaricoque, melocotón, cactus opuntia, legumbres, etc. No obstante, la moringa es la más recomendada porque no es tóxica, no afecta el pH, ni la conductividad del agua y el lodo producido por la coagulación es inocuo y poco voluminoso (Rondon et al., 2017).

Según diversas investigaciones, la corteza, hoja y semilla de moringa pueden ser utilizados como coagulantes que eliminan iones metálicos desde un 60 a 90 % en aguas contaminadas con metales pesados como níquel, plomo, zinc, cadmio, arsénico y cromo. Sin embargo, la semilla de moringa ha demostrado ser más eficiente (Reddy et al., 2011; Gupta et al., 2005; Shinomol, et al., 2016)

Además, Rosales et al. (2019), realizaron una recopilación de varios autores que estudiaron la relación entre la semilla de moringa y el tratamiento de agua para consumo humano y aguas residuales; en donde, se afirma que existen compuestos activos en las semillas que son utilizados para la purificación de aguas turbias por medio de la coagulación, floculación y sedimentación, reduciendo la materia y carga microbiana.

En síntesis, el principio activo de la semilla de moringa se determina por la presencia de cadenas de aminoácidos formando proteínas (Tabla 8) que se comportan como polielectrolitos con carga positiva y negativa que mediante la coagulación desestabilizan las partículas coloidales que se encuentran en suspensión, para favorecer la floculación y posterior sedimentación; en consecuencia, se reduce la turbidez, actividad bacteriana y metales pesados del agua (Bequer, 2016; Folkard y Sutherland, 1996; Kumari et al., 2005).

Tabla 8

Propiedades proteicas de la torta de semilla de moringa bajo diversos tratamientos

Aminoácidos	Desamargado con etanol (torta OH) (mg/g/proteína)	Desamargado con solución salina (torta SS) (mg/g/proteína)	Sin tratamiento (torta testigo) (mg/g/proteína)
Tirosina*	8,59	2,31	19,34
Metionina*	7,03	1,54	20,15
Histidina*	10,24	3,08	22,84
Lisina*	2,24	5,38	34,38
Valina*	18,4	5,77	38,69
Isoleucina*	11,22	0,64	3,76

Nota. (*) Aminoácidos esenciales. Datos obtenidos de Silva et al. (2018).

Continuación Tabla 8.

Aminoácidos	Desamargado con etanol (torta OH) (mg/g/proteína)	Desamargado con solución salina (torta SS) (mg/g/proteína)	Sin tratamiento (torta testigo) (mg/g/proteína)
Leucina*	29,51	12,82	61,93
Fenilalanina*	43,57	11,67	73,75
Triptófano*	10,42	9,49	9,67
Glicina	24,82	7,31	58,57
Alanina	10,16	2,44	17,33
Prolina	15,28	12,69	65,82
Serina	14,76	4,87	31,3
Treonina	38,8	17,05	101,69
Arginina	45,48	17,31	106,66
Ácido aspártico	24,57	6,29	50,9
Ácido glutámico	109,07	33,98	246,77

Nota. (*) Aminoácidos esenciales. Datos obtenidos de Silva et al. (2018).

2.2.3 Método de coagulación / floculación en el tratamiento de agua

2.2.3.1 Coagulación

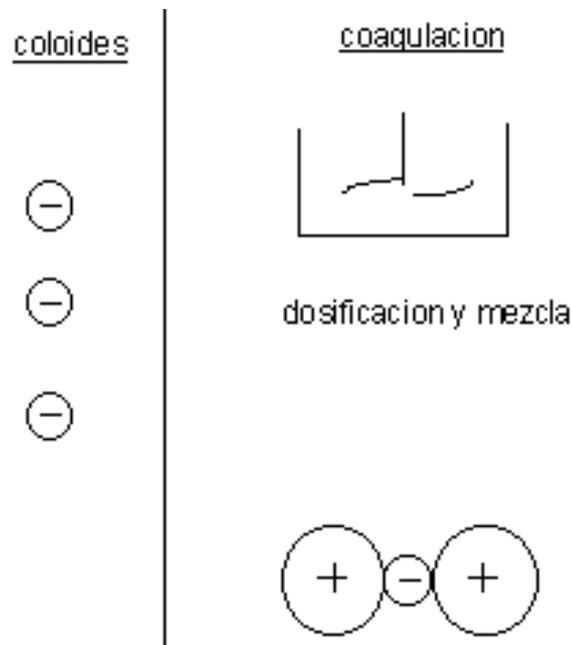
“Es un proceso de desestabilización química de las partículas coloidales que se producen al neutralizar las fuerzas que los mantienen separados, por medio de la adición de los coagulantes químicos y la aplicación de la energía de mezclado” (Andía, 2000, p. 9).

La coagulación es el método más eficaz y universal porque elimina una gran cantidad de sustancias de diversas naturalezas y de peso de materia que son eliminados al menor costo, en comparación con otros tratamientos. Pero, si está mal realizado puede conducir a una degradación rápida de la calidad del agua y si la dosis no es la adecuada es imposible realizar una clarificación; lo cual, lleva a una pérdida económica muy alta (Andía, 2000).

En la Figura 3, se muestra como la adición de un coagulante anula las cargas eléctricas sobre la superficie del coloide, produciendo un colapso de modo que pueden aglomerarse formando flóculos.

Figura 3

Esquema de funcionamiento del proceso de coagulación



Nota. Adaptado de Coagulación [fotografía] de Ramírez (2021).

Azabache (2017) señala que este proceso se utiliza para:

- Remoción de turbiedad orgánica o inorgánica que no se puede sedimentar rápidamente.
- Eliminación de bacterias, virus y organismos patógenos susceptibles de ser separados por coagulación.
- Destrucción de algas y plancton en general.
- Eliminación de sustancias productoras de sabor y olor, en algunos casos de precipitados químicos suspendidos en otros.

Azabache (2017) y Andía (2000) recopilaron citas de varios autores que señalan los diversos factores que afectan la eficiencia del proceso:

- pH*: para cada coagulante hay por lo menos una zona de pH óptima. Es decir, está en función del tipo de coagulante y la naturaleza del agua a tratar; si la coagulación se realiza fuera del rango óptimo de pH se debe aumentar la cantidad del coagulante.

- b. *Valencia*: entre mayor sea la valencia del ion, más efectivo será el coagulante. En este caso, el As^{+5} es más fácil de remover que el As^{+3} .
- c. *Tamaño de partícula*: deben poseer un diámetro inferior a una micra.
- d. *Tipo y la dosis del coagulante*: si la dosis es baja no neutraliza totalmente la carga de la partícula y si la dosis es alta produce la inversión de la carga. Por lo tanto, se debe seleccionar una dosis óptima a través de ensayos de pruebas de jarra.
- e. *Tiempo, condiciones y cantidad de mezcla*: la cantidad es inversamente proporcional al tiempo de formación del floculante y la condición o grado de agitación debe ser uniforme.
- f. *Temperatura del agua*: entre más fría el agua la reacción es más lenta, el tiempo de formación del floculante es mayor y hay dificultades en su sedimentación.
- g. *Sistema de aplicación de los coagulantes*: la mejor mezcla se da cuando el caudal es constante y fácilmente regulable, y el coagulante adicionado cae su totalidad a la masa de agua.

Los coagulantes químicos más usados son las sales metálicas, tales como:

- Sulfato de aluminio, hidróxido de aluminio o de cobre.
- Sales de hierro, cloruro férrico, sulfato férrico, hidróxido férrico.
- Cal o cal hidratada (ablandamiento de cal). Este proceso depende del valor de pH que debe ser mayor a 10,5.

Los coagulantes naturales más comunes, luego de revisar varias tesis y trabajos de investigación, son las semillas de almendra, albaricoque, melocotón, *cactus opuntia*, legumbres, guisantes, lentejas, nueces, habas, guar, tara, maíz dulce y *moringa oleífera*; y las cáscaras de frutos como maracuyá, naranja, coco, plátano, limón, mandarina, cebolla, pencas de tuna, entre otros.

2.2.3.2 Flocculación

Andía (2000), en su instructivo realizado para los operadores y técnicos de las plantas de tratamiento de agua potable de SEDAPAL, afirma lo siguiente:

La flocculación es el proceso que sigue a la coagulación, que consiste en la agitación de la masa coagulada que sirve para permitir el crecimiento y aglomeración de los flóculos recién formados con la finalidad de aumentar el tamaño y peso necesarios para dar paso a la sedimentación. Es favorecida por el mezclado lento

que permite juntar poco a poco los flóculos; un mezclado demasiado intenso los rompe y raramente se vuelven a formar en su tamaño y fuerza óptimos. La floculación no solo aumenta el tamaño de las partículas del flóculo, sino que también aumenta su peso. Puede ser mejorado por la adición de un reactivo o ayudante de floculación (p. 33).

Existe dos tipos de floculación:

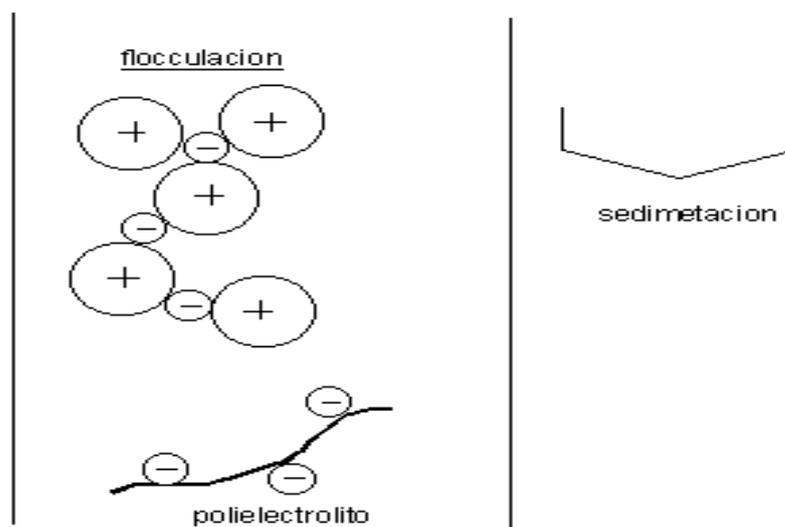
- a. *Floculación pericinética*: es conocido como el movimiento browniano; ya que, es producido por el movimiento natural de las moléculas del agua (Andía, 2000). Solo influye en partículas menores a un micrón durante los primeros 6 a 10 segundos (Kemmer y Mc Callion, 1995, como se citó en Azabache, 2017).
- b. *Floculación ortocinética*: el movimiento del agua es producida por un suministro externo de energía que puede ser de origen mecánico o hidráulico causando que las partículas se muevan a diferentes velocidades y direcciones. Solo influye en partículas mayores a un micrón y actúa durante el resto de proceso (Kemmer y Mc Callion, 1995, como se citó en Azabache, 2017).

Los factores que influyen en la floculación son los siguientes:

- a. *Concentración y naturaleza de las partículas*: el pH, la alcalinidad y la turbiedad pueden influir en el cambio del tiempo óptimo de floculación. La velocidad de formación del floculante es proporcional a la concentración y el tamaño de partículas.
- b. *Tiempo de detención*: la velocidad de aglomeración de las partículas es proporcional al tiempo de mezcla. Es decir, cuando la concentración de sólidos es alta y el flóculo es muy fuerte se requerirá mayor tiempo de mezcla.
- c. *Gradiente de velocidad*: la velocidad de aglomeración de las partículas es proporcional a la gradiente de velocidad; sin embargo, esta se debe controlar para no romper el flóculo.

Figura 4

Esquema de funcionamiento del proceso de floculación



Nota. Adaptado de Coagulación [fotografía] de Ramírez (2021).

2.2.4 Arsénico

El arsénico es un elemento natural de la corteza terrestre; ampliamente distribuido en todo el medio ambiente, está presente en el aire, el agua y la tierra. (Organización Mundial de la Salud (OMS), 2018).

En el artículo *¿Arsénico en Nayarit?* escrita por Zambrano et al. (2011) mencionan que en países como Chile, Bolivia, Perú, Brasil y México que practican la explotación minera y refinación de metales por fundición, asimismo los procesos electrolíticos de producción de metales de alta calidad como cadmio y zinc, contribuyen a incrementar los contenidos de arsénico en suelos, agua y aire.

El arsénico está presente en dos formas químicas:

- a. *Inorgánico*: Estos compuestos se pueden encontrar en el agua superficial y subterránea, debido a que existen de manera natural en los materiales geológicos, y se ven incrementados por residuos mineros, industriales y el uso de pesticidas.
- b. *Orgánico*: Esta forma de arsénico de baja toxicidad, puede estar presente en animales, plantas, peces y mariscos, y se ha encontrado que en organismos marinos el contenido es superior.

2.2.4.1 Grado de toxicidad

La toxicidad del arsénico depende de su estado de oxidación y su solubilidad, el arsénico pentavalente es de 5 a 10 veces menos tóxico que el trivalente y los derivados orgánicos son menos tóxicos que los inorgánicos.

Las vías de exposición más comunes son por consumo de agua, por inhalación en el polvo del aire y por ingesta de alimentos. Otras vías de exposición incluyen la ingestión incidental de suelo con arsénico y el uso en el hogar de productos químicos que lo contienen, como son algunos preservadores de la madera, pinturas, tintes y medicamentos.

2.2.4.2 Efectos del arsénico en la salud

Los factores que influyen en la forma de cómo afecta el arsénico a la salud de una persona se encuentran la cantidad a la que se está expuesto, el tiempo de exposición, así como la susceptibilidad genética. Sin embargo, el arsénico es un elemento indispensable para la vida, pero solo en cantidades pequeñísimas.

La mayor parte de los efectos tóxicos se originan a partir de la exposición al arsénico inorgánico que afecta casi todos los sistemas de órganos del cuerpo humano, aumentando la posibilidad de que una persona desarrolle cáncer de los pulmones, la piel, el pecho, la próstata, los riñones y el hígado. Otros efectos tóxicos preocupantes están relacionados con: el sistema cardiovascular, sistema gastrointestinal, sistema renal, sistema hepático, sistema nervioso, los pulmones y el sistema respiratorio, entre otros (Zambrano et al., 2011).

La dosis letal oral probable en humanos de trióxido de arsénico está entre 10 y 300 mg. La concentración considerada normal en sangre es inferior a 5 µg/L y la principal ruta de eliminación es la orina, y una pequeña cantidad lo hace por las heces, bilis, sudor, células descamadas, pelo y leche.

2.3 Definición de términos

2.3.1 Agua para consumo humano

Es aquella que no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud cuando se consume a lo largo de toda una vida, teniendo en cuenta las vulnerabilidades

diferentes que se pueden presentar en distintas etapas de la vida (Ministerio de Salud, 2010).

2.3.2 Arsénico

Es un elemento natural de la corteza terrestre; ampliamente distribuido en todo el medio ambiente, está presente en el aire, el agua y la tierra. En su forma inorgánica es muy tóxico (Agency of Toxicology and Environmental, 2009).

2.3.3 Coagulante

Es un producto químico que al adicionar al agua es capaz de producir una reacción química con los componentes químicos del agua, especialmente con la alcalinidad del agua para formar un precipitado voluminoso, muy absorbente, constituido generalmente por el hidróxido metálico del coagulante que se está utilizando (Andía, 2000).

2.3.4 Flocculante

Es una sustancia química comúnmente orgánica que aglutina sólidos en suspensión una vez efectuada su coagulación, provocando su precipitación (Andía, 2000).

2.3.5 Moringa

Es un árbol originario del norte de la India, que actualmente abunda en todo el trópico. El árbol brinda una innumerable cantidad de productos valiosos que las comunidades han aprovechado por cientos, tal vez por miles de años (Gonzales Obando, 2019)

2.3.6 Remoción

Eliminación de un elemento o partículas indeseables o que ya no resulta útil (Andía, 2000).

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo y nivel de la investigación

3.1.1 Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo descriptiva porque se pretende describir y recolectar información actual de la problemática que enfrenta la Región Tacna ante el consumo de arsénico contenido en el agua de consumo humano; también, se analiza los resultados de las muestras obtenidas de la población de estudio antes y después de aplicar el método elegido.

Asimismo, según el propósito de la investigación es aplicada, debido a que está orientada a determinar la efectividad de la *moringa oleífera* sobre la toxicidad del arsénico encontrada en el agua de consumo humano de la población de estudio; es decir, se plantea una solución frente a la problemática encontrada.

3.1.2 Nivel de investigación

Según Hurtado (2015) existe cuatro niveles de estudio, las cuales son perceptual, aprehensivo, comprensivo e integrativo. Este último, comprende los objetivos modificar, confirmar o evaluar; por lo tanto, esta investigación se ubica en este nivel, ya que se pretende evaluar la efectividad de las propiedades coagulantes de la *moringa oleífera* sobre la toxicidad del arsénico presente en el agua de consumo humano.

3.2 Población y muestras de estudio

3.2.1 Población de estudio

En el distrito de Candarave cada localidad tiene su propio reservorio de abastecimiento de agua (independientemente si sea un centro poblado o un anexo) proveniente de varios puntos de acopio de afloraciones de aguas subterráneas, llamados manantiales o vertientes; sin embargo, desde un punto de vista legal esta es denominada agua superficial. Por lo tanto, la población de estudio son nueve (9) reservorios que previamente han sido analizados por la Dirección Regional de Salud de Tacna en el año 2019 como parte de su programa de vigilancia sanitaria de la

calidad de agua potable (Art. 13. Reglamento de la calidad del agua para consumo humano, D.S. N°031-2010-SA); tal y como, se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9

Nivel de arsénico en la población de estudio – Distrito Candarave, 2019

Centro Poblado/Localidad	Población	As mg/L
Centro Poblado San Pedro	160	0,61190 ^(*)
Candarave	1319	0,62794 ^(*)
Anexo Talaca	120	1,1700 ^(*)
Anexo Jirata	45	0,00305
C.P. Santa Cruz	421	0,00613
C.P. Tatora	82	0,00318
Anexo Yucamani	200	0,00166
Anexo La Victoria	73	0,00313
C.P. Huaytire	169	0,03219 ^(*)

Nota. (*) Excede el límite permitido. Elaboración propia según datos de la DIRESA Tacna – PVICA, 2019.

3.2.2 Muestras de estudio

A partir de los datos obtenidos de la DIRESA, se puede determinar la muestra de estudio; en este caso, los reservorios de Candarave, San Pedro, Talaca y Huaytire exceden el límite permitido de arsénico en el agua potable por las Normas Técnicas Peruanas (NTP) y la Organización Mundial de la Salud (OMS). Sin embargo, por la pandemia (covid-19) que se está viviendo, resulta complicado llegar a la localidad de Huaytire debido a la ausencia de medios de transporte. Por lo tanto, las tres primeras localidades serán objeto de estudio para la aplicación del proceso de coagulación y floculación de arsénico a través del uso de la semilla de moringa.

3.3 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

3.3.1 Técnicas de muestreo

Existen técnicas de muestreo establecidas por diversas normas mundiales, entre las cuales tenemos a *Standard Methods* de la *Association of Schools and Programs of Public Health* (APHA), Agencia de Protección Ambiental (EPA, por su sigla en inglés), Degremont y la R.D. N° 160-2015/DIGESA/SA; los cuales, proponen

especificaciones de lavado de recipientes para la toma de muestras y para la conservación de las mismas como se detalla en la Tabla 10 y Tabla 11.

Tabla 10

Especificaciones para el lavado de los recipientes para la toma de muestras

Analito a determinar	Material del envase	Pretratamiento	Enjuague	Normas
Metales excepto cromo VI y sulfatos	Polipropileno o polietileno lineal con tapa de polietileno o vidrio borosilicato	Abundante agua del grifo Lavado con solución 1 + 1 de HNO ₃	Agua destilada o desionizada	SM – edición 21, 2005
Metales excepto cromo VI y sulfatos	Frasco de plástico de polietileno de alta densidad de boca ancha	Abundante agua del grifo Biodegradable neutro al 5 % (en agua fría) Sumergir en HNO ₃ al 10 % por 30 minutos	Agua destilada o desionizada	EPA 2005
Metales en general	-	Abundante agua del grifo	Aclarar varias veces con el agua a analizar	Degremont 1973
Metales en general	Frasco de plástico de polietileno de alta densidad de boca ancha	Dejar correr el agua por 3 minutos	Enjuagar 3 veces con el agua a analizar	R.D. N° 160-2015/DIGESA/SA

Tabla 11

Conservación de las muestras para su análisis

Parámetro a estudiar	Técnica de preservación	Volumen de muestra (mL)	Tiempo máximo de preservación	Normas
Arsénico	Acidificar a pH<2 con HNO ₃ Refrigerar a 4 °C	1 000	6 meses, si la concentración es de orden mg/L, para concentraciones de µg/L, analizar inmediatamente	SM – edición 21, 2005
Metales totales	5 ml/L HNO ₃ , d=1,33	-	Varias semanas	Degremont 1973
Arsénico	Agregar HNO ₃ hasta pH<2, refrigerar 4 °C	500	2 meses	R.D. N° 160-2015/DIGESA/SA

La Resolución Directoral N° 160-2015/DIGESA/SA establece las siguientes condiciones generales para la toma de muestra:

- a. *Procedimiento 1:* El punto de muestreo debe localizarse en el grifo de la tubería de salida del reservorio, de no existir un grifo se debe acceder al reservorio; asegurando el frasco con un cordón de nylon sujeto a un cable que permita el acceso al reservorio. Sumergir el frasco a una profundidad de 30 cm bajo el agua sin tocar la pared del reservorio. Tener mucho cuidado de no perder el frasco.
- b. *Procedimiento 2:* Elegir el grifo más cercano al reservorio (asegurarse que esté conectado a la misma red de distribución y no a un tanque de almacenamiento). Verificar que no haya fugas en el caño y esté libre de objetos contaminantes (mangueras, bolsas, etc.). Desinfectar el grifo interna y externamente con algodón empapado en hipoclorito de sodio (100 mg NaOCl/L) o alcohol al 70 %. Dejar correr el agua por 3 minutos. Tomar la muestra inclinando un poco el frasco. Al terminar cerrar inmediatamente el frasco.

Entre las normas mencionadas y basándose en la disponibilidad de recursos, se eligió las normas del MINSA, EPA y SM para las diferentes actividades de la toma de muestra del presente estudio, como se describe en la Tabla 12.

Tabla 12

Descripción del proceso de toma de muestra

Actividad	Descripción	Normativa
Selección del envase	Frasco de plástico de polietileno de alta densidad de boca ancha.	EPA 2005 R.D. N° 160-2015/DIGESA/SA
Enjuague	Lavar el envase con agua destilada y al momento de tomar la muestra se enjuagó 3 veces con el agua a analizar.	EPA 2005 R.D. N° 160-2015/DIGESA/SA
Toma de muestra	Los reservorios en el distrito de Candarave no tienen un grifo de salida. Por lo que, se intentó tomar la muestra siguiendo el Procedimiento 1 pero el difícil acceso no garantiza la inocuidad del agua. Entonces, se siguió el Procedimiento 2.	Resolución Directoral N° 160-2015/DIGESA/SA
Volumen de muestra	1 000 ml Se tomó 30 L (30 frascos) por localidad	SM – edición 21, 2005
Conservación de la muestra	Agregar HNO ₃ hasta pH<2, refrigerar 4 °C	SM – edición 21, 2005 R.D. N° 160-2015/DIGESA/SA

3.3.2 Instrumentos utilizados en la recolección de muestras

Materiales:

- Tablero
- Fichas y libreta de campo
- Etiqueta para la identificación de frascos
- Plumón indeleble
- Frascos de plástico boca ancha de 1L de primer uso.
- EPP (guantes de nitrilo, botas blancas de jebe, mascarillas, cofias, bata blanca, lentes de protección)
- Reactivo para preservar muestras (ácido nítrico)
- Agua destilada
- Cordón de nylon
- Caja térmica
- Ice pack
- Algodón
- Alcohol 70%
- Encendedor
- Sal para conservar el ice pack

Equipos:

- Cámara fotográfica
- GPS
- Termómetro
- Peachímetro

3.4 Procesamiento y análisis de datos

Para determinar el número de tratamientos se aplicó el diseño factorial 3^k , el cual, es un arreglo factorial de k factores que tiene tres niveles cada uno. En este caso, se tiene 2 factores, el factor A (tiempo de remoción) y el factor B (dosis de coagulante-floculante moringa).

La denotación de este diseño se hizo a través de la combinación correspondiente a los factores A y B como se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13

Combinación de tratamientos en un diseño factorial 3^k

	Factor B₁	Factor B₂	Factor B₃
Factor A ₁	A ₁ * B ₁	A ₁ * B ₂	A ₁ * B ₃
Factor A ₂	A ₂ * B ₁	A ₂ * B ₂	A ₂ * B ₃
Factor A ₃	A ₃ * B ₁	A ₃ * B ₂	A ₃ * B ₃

Por lo tanto, se realizará 9 tratamientos de agua por cada localidad obteniendo un total de 27 tratamientos como se indica en la Tabla 14.

Tabla 14

Distribución de tratamientos

Tratamientos	Dosis: 2 g			Dosis: 4 g			Dosis: 6 g		
	Tiempo			Tiempo			Tiempo		
	1 h	2 h	3 h	1 h	2 h	3 h	1 h	2 h	3 h
Candarave	C-21	C-22	C-23	C-41	C-42	C-43	C-61	C-62	C-63
San Pedro	SP-21	SP-22	SP-23	SP-41	SP-42	SP-43	SP-61	SP-62	SP-63
Talaca	T-21	T-22	T-23	T-41	T-42	T-43	T-61	T-62	T-63

3.4.1 Elaboración del coagulante-floculante moringa (laboratorio)

Se compró 2 Kg de semillas de moringa secas con testa (cáscara) para llevar a cabo la investigación.

- El proceso de elaboración del polvo se inició con el pelado de la semilla de moringa con testa, se pesó nuevamente la semilla para obtener el rendimiento.
- Se procedió a triturar la semilla con un mortero evitando pulverizarlas totalmente.
- Se secó las semillas trituradas en una estufa por 24 horas a una temperatura de 120°C con el fin de extraer el aceite. Las semillas se colocaron sobre papel craft, las cuales se cambiaron cada 6 horas.
- Una vez que las semillas ya no tenían aceite fueron pulverizadas con la ayuda de un mortero para luego ser tamizadas con un tamiz de 500 µm.
- El polvo de semilla de moringa se almacenó en bolsas de papel craft u otro material que impida la humedad.

3.4.2 Elaboración de filtro experimental

Para llevar a cabo la investigación se recolectaron 9 botellas de agua purificada de 7 litros para utilizarlos como filtros del agua tratada:

- a. Se cortaron las botellas a la medida de 19 cm para la base y 23 cm para el filtro.
- b. Con una varilla de acero inoxidable caliente se perforó 2 agujeros en la base para la ventilación del agua y varios en la tapa para permitir el paso del agua tratada.
- c. Se lavó la grava y la arena con agua de caño, y luego con agua destilada.
- d. Para armar el filtro primero se puso una capa de 7 cm de algodón, la segunda capa de 6 cm de grava y la última de 7 cm de arena fina.
- e. Para finalizar se colocó la parte superior de la botella (filtro) encima de la base.
- f. Se lavaron y cambiaron el envase y el relleno para cada localidad.

3.4.3 Tratamiento de muestras con coagulante-floculante moringa

Una vez recepcionadas las muestras en el laboratorio, se procedió a realizar el tratamiento de la siguiente manera:

- a. Se pesó en placas de Petri las dosis que se requieren en el tratamiento 2 g, 4 g y 6 g respectivamente.
- b. Se vertió la muestra de agua en un vaso precipitado de capacidad de 1 L y se agregó la dosis correspondiente. Para evitar confusiones, se codificó la muestra tratada indicando la dosis y el tiempo de remoción.
- c. Se agitó la muestra con una velocidad de agitación rápida de 200 RPM por 5 minutos y una velocidad de agitación lenta de 60 RPM por 10 minutos utilizando un agitador magnético.
- d. Una vez pasado los 15 minutos, se retiró el vaso del agitador y se dejó sedimentar por 1 h, 2 h y 3 h según el tiempo de remoción establecido en la investigación.
- e. Pasado el tiempo de remoción se procedió a filtrar el agua tratada.
- f. Finalmente, se procedió a analizar el agua tratada según el procedimiento de análisis con el test de arsénico Quantofix Arsen 50.

Para mayor confiabilidad en el test de arsénico se contrató el servicio de análisis del laboratorio Bhios (sede Arequipa), para ello, se mandó a analizar las

muestras tratadas y no tratadas siguiendo la distribución de tratamientos por cada localidad (27 tratamientos) (Ver Anexo 2).

Además, en esta prueba piloto se pudo observar que durante el tiempo de remoción las partículas del flóculo no llegaban a sedimentar del todo y el filtro no llegaba a separarlas. Por lo que, se tuvo que buscar nuevas referencias respecto a los factores que influyen en el proceso de coagulación-floculación por un agente natural.

Luego de haber investigado, se concluyó que el tiempo de agitación rápida no debe exceder los 180 segundos y la agitación lenta debe ser de 30 a 60 minutos para evitar la rotura y disgregación de los flóculos ya formados. Entonces, el tiempo empleado en la agitación rápida impedía una coagulación óptima, y el tiempo empleado en la agitación lenta debió ser mayor para maximizar el número de colisiones entre partículas suspendidas y los microflóculos para formar un adecuado flóculo que sea visible y tenga la densidad suficiente para sedimentar (Andía, 2000; Pérez, s.f.; Ramirez, 2020).

Por lo que, se modificó el tiempo de agitación rápida a 2 minutos y la agitación lenta a 45 minutos. Realizado este cambio se tuvo que realizar nuevamente los tratamientos siguiendo los mismos pasos, pero esta vez se realizó 3 repeticiones por cada combinación de dosis y tiempo de remoción haciendo un total de 27 tratamientos por localidad (81 tratamientos en general) para una mayor exactitud en los resultados.

Para el análisis de estos tratamientos solo se realizó mediante el test Quantofix Arsen 50 (Ver Anexo 1), debido al alto costo de análisis de laboratorio. Además, con los primeros 27 tratamientos se pudo determinar que hay una variación máxima de 5 %.

Los resultados obtenidos se muestran en el siguiente capítulo.

3.4.4 Procedimiento de análisis con el test de arsénico Quantofix Arsen 50

Para realizar el análisis con el test de arsénico se siguió los siguientes pasos:

- a. Medir con la jeringa 5 mL de agua y depositarlo en el recipiente.
- b. Añadir una medida de As-I y agitarlo por 5 segundos.
- c. Añadir una medida de As-II y agitarlo nuevamente.

- d. Introducir la tira reactiva hasta 2 cm y tapar el recipiente. Evite tener contacto la almohadilla.
- e. Dejar actuar la solución por 20 minutos, agitar 2 o 3 veces durante ese tiempo evitando que la tira reactiva tenga contacto con la muestra.
- f. Pasado los 20 minutos, retirar la tira reactiva y sumergirla por 2 segundos en agua destilada.
- g. Comparar la almohadilla reactiva con la escala de colores.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1 Resultados de la parte experimental del estudio

4.1.1 Concentración inicial de las muestras no tratadas

En la Tabla 15, se expresan los resultados del análisis del agua sin tratamiento, es decir, el agua que se tomó directamente del caño en cada localidad. A partir de ello, se determinó que las concentraciones de arsénico en el agua para consumo humano de las tres localidades superan el nivel permitido por la OMS (0,01 mg/L).

Tabla 15

Concentración inicial de arsénico por localidad

Localidad	pH	Temperatura (°C)	Concentración inicial (mg/L As)	
			Quantofix Arsen 50	Laboratorio Bhios
Candarave	7	16	0,6	0,557
Talaca	7	17	1,0	1,062
San Pedro	7	14,5	0,7	0,683

Las concentraciones iniciales de arsénico de la localidad de Candarave, San Pedro y Talaca superan el límite permisible por la OMS en más de 60, 70 y 100 veces respectivamente. Un resultado muy alarmante para los pobladores que consumen a diario esta agua.

4.1.2 Estudio de mercado Concentración final de las muestras tratadas

En la Tabla 16, se detalla los resultados de la concentración final y el porcentaje de remoción obtenidos del tratamiento aplicado al agua de consumo humano de Candarave siendo el más favorable la dosis de 4 g/L y el tiempo de 3 horas logrando disminuir hasta 0,1 mg/L As; es decir, un porcentaje de remoción de 83,33 %.

En la localidad de Talaca (Tabla 17) con la dosis de 4 g/L y 3 horas se logró disminuir hasta una concentración de 0,1 mg/L As que representa un 90 % de remoción respecto a su concentración inicial de 1 mg/L.

En la localidad de San Pedro (Tabla 18) con la dosis de 6 g/L y 3 horas se logró disminuir hasta una concentración de 0,02 mg/L As que representa un 96,67 % de remoción, seguida por la dosis 4 g/L y 3 horas que alcanzó una remoción de 96,19 % respecto a su concentración inicial de 0,7 mg/L.

Tabla 16

Variación entre la concentración inicial (0,6 mg/L de As) y final en la localidad de Candarave

Dosis (g/L)	Tiempo (h)	Concentración final (mg/L)				Porcentaje de remoción (%)
		R1	R2	R3	\bar{X}	
2	1	0,2	0,2	0,25	0,217	63,33
	2	0,2	0,15	0,2	0,183	70,00
	3	0,3	0,3	0,3	0,3	50,00
4	1	0,3	0,2	0,2	0,233	61,67
	2	0,3	0,3	0,35	0,317	46,67
	3	0,1	0,1	0,1	0,1	83,33
6	1	0,2	0,2	0,2	0,2	66,67
	2	0,15	0,15	0,15	0,150	75,00
	3	0,2	0,15	0,15	0,167	71,67

Tabla 17

Variación entre la concentración inicial (1 mg/L de As) y final en la localidad de Talaca

Dosis (g/L)	Tiempo (h)	Concentración final (mg/L)				Porcentaje de remoción (%)
		R1	R2	R3	\bar{X}	
2	1	0,3	0,2	0,2	0,233	76,67
	2	0,15	0,1	0,15	0,133	86,67
	3	0,2	0,2	0,2	0,2	80,00
4	1	0,2	0,2	0,25	0,217	78,33
	2	0,2	0,2	0,15	0,183	81,67
	3	0,1	0,1	0,1	0,1	90,00
6	1	0,3	0,25	0,25	0,267	73,33
	2	0,2	0,2	0,25	0,217	78,33
	3	0,35	0,3	0,3	0,317	68,00

Tabla 18

Variación entre la concentración inicial (0,7 mg/L de As) y final en la localidad de San Pedro

Dosis (g/L)	Tiempo (h)	Concentración final (mg/L)				Porcentaje de remoción (%)
		R1	R2	R3	\bar{X}	
2	1	0,25	0,2	0,25	0,233	66,67
	2	0,2	0,2	0,2	0,2	71,43
	3	0,1	0,15	0,1	0,117	83,33
4	1	0,1	0,1	0,1	0,1	85,71
	2	0,2	0,25	0,2	0,217	69,05
	3	0,03	0,03	0,02	0,027	96,19
6	1	0,07	0,07	0,08	0,073	89,52
	2	0,1	0,15	0,1	0,117	83,33
	3	0,02	0,03	0,02	0,023	96,67

4.1.3 Dosis y tiempo óptimo

En las tres localidades se puede observar que la dosis y el tiempo de remoción con mayor eficiencia varían. Esto se debe a que el agua destinada para consumo humano de cada localidad no tiene la misma composición fisicoquímica y microbiológica, por ello, se requiere hacer un ensayo previo con el agua que se quiere tratar para determinar la dosis y el tiempo de remoción más óptimo para cada caso.

Sin embargo, al realizar el experimento se pudo observar que el mejor tiempo de remoción y sedimentación para todos los tratamientos, independientemente del lugar, son 3 horas; ya que, pasada esas horas se observa una sedimentación completa de la materia (lodos).

Con respecto a la dosis, en las localidades de Candarave y Talaca la dosis más adecuada es 4 g/L, aunque en la localidad de San Pedro con la dosis de 6 g/L se obtuvo un porcentaje ligeramente mayor a la dosis de 4 g/L, pero para efectos de tener una sola dosis que se aplique a las 3 localidades se concluye que 4 g/L es la dosis más óptima. Asimismo, se observó que el pH y la temperatura no fluctúan durante el tratamiento, asegurando la alcalinidad del agua.

4.2 Estudio de mercado

4.2.1 Análisis de la demanda nacional

En el año 2019, según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (2020), el 90,8 % de la población en el Perú tiene acceso al agua de consumo humano por red pública (dentro y fuera de la vivienda), sin embargo, el 22,6 % de esta población consume agua no potable junto con el otro 9,2 % que accede al agua por otras fuentes de abastecimiento; lo cual representa 9 549 709 personas sin acceso a agua potable como se detalla en la Tabla 19.

Si bien es cierto, estos valores son referenciales, ya que, hay diferentes tipos de contaminantes (microbiológicos, físicos y químicos) que impiden que el agua de consumo humano cumpla con los estándares establecidos por la OMS y la DIRESA.

Por ello, para determinar con mayor exactitud la Demanda Interna Aparente (DIA) a nivel nacional hasta el 2027, excepto Tacna (fuente DIRESA), se tomó en cuenta la población que vive en zonas de explotación minera de plomo, cobre y arsénico, ya que, en estas zonas es más probable encontrar altos niveles de arsénico. Además, se consideró la tasa de crecimiento según lo estipulado por el

INEI: costa (1,3 %), sierra (-0,6 %) y selva (1 %), tal y como se muestra en la Tabla 20.

Tabla 19

Población que consume agua no potable según fuente de suministro, 2019

Fuente de suministro	Población con acceso a agua de consumo humano		Población que consume agua no potable	
	%	Población total	%	Población total
Red pública	90,80	29 175 311	22,60	6 593 620
Otros (cisterna, pozo, ríos, manantiales, etc.)	9,20	2 956 089	100,00	2 956 089
			Total	9 549 709

Nota. Datos obtenidos del INEI y población proyectada al 30 de junio del 2019.

Tabla 20

Variación poblacional a nivel nacional según regiones que superan el límite máximo permitido de arsénico en el agua para consumo humano, 2022-2027

Región	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Áncash	43 528	43 267	43 008	42 749	42 493	42 238
Apurímac	10 975	10 909	10 843	10 778	10 714	10 649
Arequipa	27 522	27 357	27 193	27 030(*)	26 868(*)	26 706(*)
Ayacucho	27 373	27 209	27 045	26 883	26 722	26 561
Cajamarca	58 722	58 370	58 020	57 672	57 325	56 982
Cusco	23 619	23 478	23 337	23 197	23 058	22 919
Huancavelica	13 568	13 486	13 405	13 325	13 245	13 165
Huánuco	16 085	15 988	15 892	15 797	15 702	15 608
Ica	26 450	26 794	27 142	27 495	27 853	28 215
Junín	8 357	8 307	8 257	8 207	8 158	8 109
La Libertad	23 685	23 993	24 305	24 621	24 941	25 265
Lima	21 458	21 737	22 020	22 306	22 596	22 889
Madre De Dios	19 340	19 533	19 728	19 926	20 125	20 326
Moquegua	9 736	9 677(*)	9 619(*)	9 561(*)	9 504(*)	9 447(*)
Pasco	20 229	20 108	19 987	19 867	19 748	19 629
Puno	26 805	26 644	26 484(*)	26 326(*)	26 168(*)	26 011(*)
Tacna	18 787(*)	18 675(*)	18 562(*)	18 451(*)	18 340(*)	18 230(*)
Total	396 239	395 531	394 848	394 191	393 559	392 952

Nota. Datos obtenidos del INEI (Censo 2017), MINEM (2019).

Todos los datos marcados con un asterisco (*) en la tabla anterior son la población de interés que se tomó en cuenta para determinar la demanda del proyecto (Tabla 21); por ejemplo, en el año 2023 se tomó en cuenta Tacna y Moquegua; y que posteriormente se proyectó en el punto 4.2.3.

Tabla 21

Población de interés para la demanda interna aparente del proyecto, 2022-2027

Año	Población de interés para la demanda
2022	18 787
2023	28 352
2024	54 666
2025	81 368
2026	80 880
2027	80 394

4.2.2 Análisis de la oferta

Actualmente, no hay datos registrados sobre la producción e importación de coagulantes y floculantes naturales en el mercado peruano, solo existe como producto sustituto el sulfato de aluminio, el coagulante más usado en el tratamiento de agua, aunque se ha demostrado que a lo largo del tiempo puede ser nocivo para la salud de las personas y que el tratamiento de los lodos residuales, generados durante el proceso, resulta costoso y perjudicial para el medio ambiente.

Según el INEI, en datos generales, el Perú tuvo una producción de 58 732 toneladas (INEI) de varios tipos de sulfatos en el año 2017 y 2018 y según la Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria (SUNAT) hubo una importación de 3 994 toneladas de sulfato de aluminio, siendo Turquía, Ecuador y China los principales países de origen en el año 2019.

Por lo tanto, seríamos la primera empresa en el Perú en producir un coagulante y floculante natural a base de semilla de *moringa oleífera* que sea amigable para el medio ambiente y que el tratamiento de lodos residuales generados en el proceso sea biodegradable.

4.2.3 Demanda de mercado del proyecto

El proyecto contempla la venta de dos productos, aceite y coagulante a base de la semilla de moringa, el primero está orientado para el uso en la industria cosmética (cuidado de la piel, cabello, uñas, masajes, etc.) y farmacéutica (antiséptico y antiinflamatorio). Sin embargo, no se tomará en cuenta a este producto en la determinación de la demanda de mercado del proyecto, ya que, el objetivo principal del proyecto es obtener el segundo producto.

La principal función del coagulante-floculante moringa es actuar como coagulante natural para el tratamiento de aguas, por ello, nuestros principales clientes son las municipalidades de las zonas afectadas por altas concentraciones de arsénico y otros metales pesados en el agua para consumo humano; ya que estas instituciones son responsables del abastecimiento de agua potable a sus pobladores independientemente si cuentan con una red pública u otras fuentes como lagunas, ríos, acequias, etc.; y las ONG que promueven proyectos hídricos en beneficio de algunas localidades que no cuentan con acceso a agua.

Por lo tanto, para determinar la demanda interna del proyecto (DIA), se consideró solo al departamento de Tacna en el primer año, luego se pretende aumentar la cuota de mercado ingresando a Moquegua (2023), Puno (2024) y Arequipa (2025-2027), abarcando así la zona sur del Perú mientras se va expandiendo el mercado poco a poco, tal y como se muestra en la Tabla 21 del punto 4.2.1.

Asimismo, para hallar la DIA del proyecto (2022-2027) se tomará en cuenta la siguiente ecuación:

$$x = \frac{CD \times P \times d \times A}{1000} \quad (1)$$

Donde:

x :Demanda anual de coagulante-floculante moringa (Kg)

CD: Consumo diario de agua (litros/habitante)

P: Número de habitantes expuestos a altos niveles de arsénico (habitante)

d: Dosis de coagulante-floculante moringa (gramos/litro)

A: Total de días al año

Por ejemplo, para determinar la DIA de coagulante-floculante moringa en el año 2022, reemplazamos el consumo diario de agua según la Organización Mundial de la Salud (2011) que es equivalente a 7,5 litros por habitante, el total de habitantes expuestos a altos niveles de arsénico a nivel nacional, la dosis óptima de coagulante-floculante moringa que se determinó en la parte experimental del presente proyecto, el total de días equivalentes a un año y el total de gramos equivalentes a un kilogramo.

$$x_{2022} = \frac{7,5 \text{ L/hab} \times 18\,787 \text{ hab} \times 4 \text{ g/L} \times 365}{1\,000 \text{ g/Kg}}$$

$$x_{2022} = 205\,717,65 \text{ Kg}$$

Es decir, la Demanda Interna Aparente de coagulante-floculante moringa asciende a 205 717,65 Kg en el 2022. De la misma manera, se debe hacer el cálculo para los siguientes años como se muestra en la Tabla 22.

Tabla 22

Demanda Interna Aparente de coagulante-floculante moringa en kilogramos, 2022-2027

Año	Demanda Interna Aparente (Kg)
2022	205 717,65
2023	310 454,40
2024	598 592,70
2025	890 979,60
2026	885 636,00
2027	880 314,30

Es importante mencionar que la DIA de coagulante-floculante moringa va disminuyendo aproximadamente en un 0,6 % (2025 - 2027) porque la mayoría de zonas afectadas se encuentran ubicadas en la Sierra, donde hay un decrecimiento poblacional debido a que muchas personas migran a la Costa. Sin embargo, cada año las explotaciones mineras van en crecimiento, lo cual significa una mayor contaminación. Por ende, la población afectada aumenta.

Asimismo, se planea abarcar nuevos segmentos de mercado, ya que, el coagulante-floculante moringa se puede consumir directamente como suplemento alimenticio o ser ingrediente de un producto alimenticio (galletas, queques, jugos, cereales, etc.) por su alto contenido proteico.

Por lo tanto, para determinar la demanda de mercado del proyecto se debe trabajar sobre la demanda interna aparente (Tabla 22); asimismo, se tuvo en consideración el porcentaje de 42,1%, resultado de la encuesta realizada sobre la aceptación del producto (Anexos 3 y 4), y para determinar la participación en el mercado se tomó en cuenta la capacidad de producción de la planta (punto 4.3.2.3) y la disponibilidad de la materia prima en el Perú (Tabla 7).

En la Tabla 23, observamos la proyección de la demanda de mercado del proyecto calculada a través de una multiplicación entre la cantidad de la DIA, el porcentaje de aceptación en el mercado y la participación en el mercado.

Tabla 23

Demanda de mercado del proyecto en kilogramos, 2022-2027

Año	Demanda Interna Aparente (Kg) (a)	Aceptación del mercado (%) (b)	Aceptación del mercado (Kg) (a*b)	Participación en el mercado (%) (c)	Demanda de mercado del proyecto (Kg) (a*b*c)
2022	205 717,65	42,10	86 608,33	26,68	23 110,00
2023	310 454,40	42,10	130 700,03	24,75	32 354,00
2024	598 592,70	42,10	252 007,90	17,42	43 909,00
2025	890 979,60	42,10	375 102,00	17,25	64 708,00
2026	885 636,00	42,10	372 851,39	21,69	80 885,00
2027	880 314,30	42,10	370 614,28	24,94	92 440,00

4.3 Localización y tamaño de planta

4.3.1 Localización de planta

Para la localización de planta se utilizó un método semicuantitativo de evaluación llamado ranking de factores (Díaz et al., 2014) mediante el cual se analizaron tres alternativas de ubicación tomando en cuenta cinco factores.

4.3.1.1 Selección de factores utilizados en el estudio de localización de la planta

Para evaluar las diferentes alternativas de localización de la planta de elaboración de aceite y coagulante-floculante moringa, se seleccionó y analizó los cinco factores más importantes para el estudio, los cuales son:

- a. *Proximidad a la materia prima (A)*: Para comparar las diferentes alternativas bajo este factor se debe tener en cuenta la cercanía a la materia prima (moringa e insumos), los costos de adquisición y transporte.
- b. *Cercanía al mercado (B)*: Se debe analizar las distancias entre la ubicación de la planta y principales mercados; en este caso, el principal mercado es la Región Tacna (2022) y luego la zona sur del Perú (2023-2027).
- c. *Reglamentaciones fiscales y legales (C)*: En este punto se analizará las reglamentaciones fiscales y legales (impuestos, aduanas, incentivos, normas, restricciones).
- d. *Clima (D)*: En este factor se evaluará el porcentaje de humedad promedio anual de las alternativas de ubicación, siendo la mejor la que tenga menor humedad, para una mejor conservación del producto a elaborar.
- e. *Terrenos (E)*: En este factor se analizará el costo del alquiler por m² de las posibles alternativas.

4.3.1.2 Evaluación de factores (ponderación)

Se analizó el nivel de importancia relativa de cada uno de los factores y se les asignó una ponderación relativa.

Para la ponderación de factores se tomó en cuenta lo siguiente:

- a. Incidencia del factor sobre las operaciones de la planta.
- b. Importancia estratégica de una buena selección.
- c. Proyección de su relevancia en el tiempo.

Con estos criterios se evaluó la importancia relativa de cada factor con respecto a otro; para ello se utilizó una matriz de enfrentamiento (Tabla 24) y se tomó en cuenta lo siguiente:

- Se le asignó el valor de uno (1) a aquel factor “más importante” que el factor con el cual es comparado.
- Se le asignó el valor de cero (0) si el factor analizado es “menos importante” que el factor con el cual es comparado.
- En casos donde la “importancia es equivalente”, ambos factores se les asignó el valor “1” en el casillero correspondiente.
- En la columna del extremo derecho se contabilizaron los puntos para cada factor y se evaluó el porcentaje correspondiente, el cual representa la ponderación de dicho factor.

Tabla 24*Matriz de enfrentamiento*

Factor	A	B	C	D	E	Conteo	Ponderación (%)
A		0	0	1	1	2	20
B	1		1	1	1	4	40
C	1	0		0	1	2	20
D	0	0	1		0	1	10
E	0	0	0	1		1	10
Total						10	100

Por lo tanto, se determinó que el factor más importante es cercanía al mercado, seguido por proximidad a la materia prima y reglamentaciones fiscales y legales y, por último, clima y terrenos.

4.3.1.3 Descripción de alternativas de ubicación de la planta

Para identificar las alternativas de ubicación se tomó en cuenta la cantidad de hectárea de cultivo de *moringa oleífera* (materia prima) y el principal mercado objetivo que es la zona sur del Perú del presente proyecto.

Actualmente, el mayor nivel de plantación y cosecha se encuentra en la zona norte del Perú (Piura, Lambayeque, Tumbes, La Libertad y en la zona fronteriza Perú-Ecuador) seguida por la zona sur (Tacna, Arequipa y Moquegua) y por último en la zona central (Lima e Ica).

Todas estas ubicaciones se encuentran en la zona costera del país y el público objetivo de los primeros años del proyecto se encuentra en la zona sur del Perú, por ello, se escogieron ciudades que estén ubicados de manera estratégica: Tacna, Moquegua y Arequipa.

4.3.1.4 Evaluación de alternativas de la posible ubicación de la planta

Para estudiar cada factor y evaluar su nivel de desarrollo en cada alternativa se tomó en cuenta la información completa de cada localización con respecto a cada factor, y se asignó la calificación de cada factor en cada alternativa.

Para la calificación se utilizó la siguiente puntuación:

- Excelente: 10
- Muy bueno: 8
- Bueno: 6
- Regular: 4
- Deficiente: 2

Luego se evaluó el puntaje que deberá tener cada factor en cada localidad, multiplicando la ponderación por la calificación (Tabla 25):

Tabla 25

Ranking de factores

Factores de Localización	Pond. % (a)	Arequipa		Moquegua		Tacna	
		Calif. (b)	Punt. (a*b)	Calif. (c)	Punt. (a*c)	Calif. (d)	Punt. (a*d)
A	20	8	160	6	120	6	120
B	40	6	240	8	320	10	400
C	20	6	120	6	120	8	160
D	10	8	80	8	80	6	60
E	10	6	60	6	60	8	80
Total	100		660		700		820

De acuerdo al puntaje obtenido en la Tabla 25, la mejor alternativa para ubicar la planta de elaboración de aceite y coagulante-floculante a partir de la semilla de moringa es la ciudad de Tacna, logrando un puntaje de 820 puntos, dado que es la

zona donde se ubica el mercado objetivo, además, cuenta con una zona franca (ZOFRATACNA) que es un espacio privilegiado que ofrece una serie de beneficios tributarios, aduaneros y logísticos para empresas que desarrollen actividades agroindustriales, aunque en la ciudad de Tacna no haya una gran cantidad de semilla de moringa se puede conseguir proveedores de Arequipa, Ica y Moquegua para abastecer el requerimiento de materia prima; con respecto al clima, Tacna es una ciudad cálida y de poca humedad, y el precio de alquiler de terrenos es accesible.

4.3.2 Tamaño de planta

4.3.2.1 Relación tamaño-mercado

En el análisis realizado en el punto 4.2.3, se determinó la demanda para los próximos 6 años. De acuerdo al factor relación tamaño-mercado, el tamaño de planta debe ser adecuado para producir 4 622 sacos de 20 Kg de coagulante-floculante y 1 985 bidones de 20 L de aceite de moringa al año (Tabla 26).

Tabla 26

Demanda de aceite y coagulante-floculante moringa

Año	Demanda del proyecto (Kg)	Demanda de coagulante-floculante (Saco 20 Kg)	Demanda de aceite (Bidón 20 L)
2022	23 110	1 155	496
2023	32 354	1 617	694
2024	43 909	2 195	942
2025	64 708	3 235	1 389
2026	80 885	4 044	1 736
2027	92 440	4 622	1 985

4.3.2.2 Relación tamaño-recursos productivos

Para determinar el tamaño de planta de acuerdo a los recursos productivos se consideró la información brindada en la Tabla 7 donde se conoce la disponibilidad de *moringa oleífera* en el Perú. Esta información sirve para determinar si la materia prima es un limitante para la producción del coagulante-floculante moringa, para ello, se tuvo en cuenta que para producir 1 Kg de coagulante-floculante y 1 L de aceite de moringa se requieren 2,16 Kg y 5 Kg de semilla de moringa respectivamente. Por lo

tanto, en la Tabla 27 se determinó el requerimiento de materia prima necesaria para cubrir la demanda de los próximos 6 años; por ejemplo, en el año 2024 se requerirá 95 toneladas de semilla de moringa.

Tabla 27

Requerimiento de materia prima para el proyecto

Año	Demanda del proyecto (Kg)	Requerimiento de MP (Kg)
2022	23 110	50 000
2023	32 354	70 000
2024	43 909	95 000
2025	64 708	140 000
2026	80 885	175 000
2027	92 440	200 000

Al hacer el cruce de información entre la Tabla 7 y Tabla 27, se determinó que el requerimiento de materia prima puede ser cubierto por la producción nacional en los próximos 6 años.

4.3.2.3 Relación tamaño-tecnología

Para determinar el tamaño de planta de acuerdo a la tecnología, se debe tener en cuenta la capacidad instalada de acuerdo a la maquinaria necesaria para llevar a cabo el proceso.

En la Tabla 28, se muestra la capacidad instalada de la planta de elaboración de aceite y coagulante-floculante moringa, para su cálculo se consideró 8 horas de jornada durante 25 días al mes y 12 meses al año, así como, los factores de utilización y eficiencia.

Para el cálculo del factor de utilización, se ha considerado 45 minutos (0,75 horas), tiempo que puede llegar a tomar en calentar las máquinas y/o hacer un mantenimiento, la ecuación empleada se muestra a continuación:

$$Utilización = \frac{\text{número de horas productivas}}{\text{número de horas reales}} \quad (2)$$

$$Utilización = \frac{8 - 0,75}{8} = \frac{7,25}{8} = 0,91$$

Para el cálculo del factor de eficiencia, se ha considerado que el número de horas estándar diarias será 6,5 horas, ya que, las personas realizan el mismo trabajo utilizando diferentes tiempos productivos debido a que poseen conocimientos, habilidades y agilidad distintas.

$$Eficiencia = \frac{\text{número de horas estándar}}{\text{número de horas productivas}} \quad (3)$$

$$Eficiencia = \frac{6,5}{7,25} = 0,90$$

Tabla 28

Capacidad instalada del proceso de elaboración de coagulante-floculante moringa

Operación	Tiempo de operación	N° máquinas	Horas anuales	Turnos/día	U	E	Capacidad (Kg)
Descascarado	300 Kg/h	1	2 100	1	0,91	0,90	515 970,00
Prensado, extrusado y enfriamiento	60 Kg/h	1	2 100	1	0,91	0,90	103 194,00
Molido	320 Kg/h	1	2 100	1	0,91	0,90	550 368,00

Realizado los cálculos se puede concluir que las operaciones de prensado, extrusado y enfriamiento, realizadas por la misma máquina, determinan la capacidad instalada máxima, dado que su capacidad de procesamiento es 103 194 Kg. Por lo tanto, no representa ningún inconveniente, ya que, nuestros niveles de producción en los tres primeros años están por debajo de la capacidad máxima instalada en un turno y para los tres últimos años se debe trabajar dos turnos al día para cubrir la demanda del proyecto.

4.3.2.4 Relación tamaño-financiamiento

El financiamiento es un limitante, ya que, es casi imposible obtener un préstamo bancario cuando la empresa aún no se ha creado por lo que carece de estados financieros que acrediten una rentabilidad positiva. Por lo tanto, el 100 % de la inversión debe ser financiado por capital propio.

4.3.2.5 Relación tamaño-punto de equilibrio

Para determinar el punto de equilibrio de varios productos, según el libro de Contabilidad de Costos (Horngren et al., 2012), se debe calcular el margen de contribución ponderado de ambos productos a partir de la resta del valor de venta unitario y el costo variable unitario para luego multiplicarlo por el porcentaje de participación de ventas de cada producto, cuyos resultados son S/ 3,90 para el coagulante y S/ 1 034,80 para el aceite (Tabla 29).

Tabla 29

Estimación del margen de contribución ponderado por producto

Producto	Valor de venta x unidad (A)	Costo variable x unidad (B)	Margen de contribución unitario (A-B)	% de participación en ventas (C)	Margen de contribución ponderado (A-B) x C
Coagulante-floculante moringa	129,66	87,39	42,27	9,22	3,90
Aceite	2 971,44	1 831,49	1 139,95	90,78	1 034,80
Total				100,00	1 038,70

Luego de hallar el margen de contribución ponderado, se calculó el punto de equilibrio del primer año según la siguiente ecuación:

$$PE = \frac{CF}{MCP} \quad (4)$$

Donde:

PE: Punto de equilibrio

CF: Costos fijos

MCP: Margen de contribución ponderado

Reemplazamos los valores del costo fijo y del margen de contribución ponderado para hallar el punto de equilibrio general:

$$PE = \frac{415\,945,16}{1\,038,70}$$

$$PE = 400 \text{ unidades}$$

Para determinar el punto de equilibrio correspondiente a cada producto debemos multiplicar el porcentaje de participación en ventas de cada producto por el

punto de equilibrio general; por lo tanto, se debe vender 37 sacos (740 Kg) de coagulante-floculante moringa y 364 bidones (7 280 L) de aceite de moringa (Tabla 30) para cubrir los costos sin tener ganancias ni pérdidas.

Tabla 30

Punto de equilibrio por producto

Producto	% de participación en ventas (A)	Cantidad de equilibrio general (B)	Cantidad de equilibrio por producto (AxB)
Coagulante-floculante moringa	9,22	400	37
Aceite	90,78		364
Total	100,00		400

4.3.3 Selección de tamaño de planta

A partir de lo anteriormente expuesto, se concluye que el tamaño de planta se encuentra restringido por el mercado con 4 622 sacos de coagulante-floculante moringa y 1 985 bidones de aceite de moringa por año, teniendo que producir como mínimo 37 sacos de coagulante-floculante moringa y 364 bidones de aceite de moringa.

4.4 Ingeniería de proceso

4.4.1 Definición técnica del producto

Para el diseño gráfico del producto, se definieron las características y los parámetros técnicos del coagulante-floculante moringa:

- *Nombre de producto:* Coagulante- floculante moringa
- *Marca del producto:* Yaku Kawsay (*El agua es vida*)
- *Descripción del producto:* Polvo natural de la semilla de moringa elaborado sin ningún tratamiento químico.

- *Ingredientes:* Semilla de moringa sin cáscara
- *Higiénico-sanitario:* Inocua y apropiada para consumo humano y tratamiento de agua.
- *Sabor y olor:* Característico sin olores extraños y libre de insectos.
- *Apariencia:* Polvo fino color crema
- *Humedad:* <13,0 % m/m
- *Metales pesados:* Exenta de metales pesados en cantidades que puedan representar un peligro para la salud humana
- *Uso previsto:* Como coagulante-floculante en el tratamiento de agua y/o para consumo humano directo.
- *Presentación:* Saco de polipropileno de 20 Kg
- *Requisitos del envase y/o empaque:* Hermético, alta barrera O₂, humedad y olores extraños, resistente al manipuleo, para preservar la seguridad y la calidad del producto en toda su vida útil.
- *Vida útil y almacenamiento:* Doce (12) meses a partir de la fecha de envasado, conservar a una temperatura ambiente entre 18 a 22°C, en lugar fresco y seco, preservado de la luz solar.
- *Requisitos de rotulado (etiqueta):* La etiqueta c datos generales de la empresa, nombre y denominación del producto, contenido neto, marca, instrucciones de uso, ingredientes, fecha de vencimiento, lote, condiciones de conservación y país de fabricación.
- *Identificación del lote:* Su nomenclatura es AA/BB/CC-DDDD, donde AA/BB/CC es su fecha de envasado y DDDD la hora de envasado.

Para el aceite de semilla de moringa se definieron las siguientes características y parámetros técnicos:

- *Nombre de producto:* Aceite de semilla de moringa
- *Descripción del producto:* Zumo natural de la semilla de moringa, obtenido por prensado en frío, sin ningún tratamiento químico.
- *Ingredientes:* Aceite de semilla de moringa

- *Apariencia:* Líquido aceitoso, viscoso
- *Color:* Amarillo oro
- *Olor:* Característico
- *Densidad:* 0,885 – 0,925
- *Índice de refracción:* 1,4650 – 1,4700
- *Acidez:* $\leq 4,00$ mg KOH/g de grasa o aceite
- *Peróxidos:* $\leq 15,00$ meqO₂/Kg
- *Uso previsto:* Uso cosmético y/o alimento
- *Presentación:* Bidón por 20 L de aceite de moringa.
- *Requisitos del envase y/o empaque:* Hermético, alta barrera O₂, humedad y olores extraños, resistente al manipuleo, para preservar la seguridad y la calidad del producto en toda su vida útil.
- *Vida útil y almacenamiento:* Cinco (5) años a partir de la fecha de envasado, conservar a una temperatura ambiente entre 15 a 22°C, en lugar fresco y seco, preservado de la luz solar.
- *Requisitos de rotulado (etiqueta):* La etiqueta contiene la siguiente información: datos generales de la empresa, nombre y denominación del producto, contenido neto, peso bruto, ingredientes, fecha de vencimiento, lote, condiciones de conservación y país de fabricación.
- *Identificación del lote:* Su nomenclatura es AAA-BB-CC, donde AAA es su número de secuencia de lote, BB es el mes de envasado y CC es el año de envasado.

Luego de definir las características y los parámetros técnicos del coagulante-floculante y aceite de semilla de moringa, se diseñó la presentación de ambos productos los cuales se muestran en la Figura 5 y Figura 6.

Figura 5

Presentación del producto coagulante-floculante moringa



Figura 6

Presentación del producto aceite de semilla de moringa



4.4.2 Lineamientos generales para la elaboración del coagulante-floculante moringa

Para aprovechar todas las propiedades de la semilla de moringa, primero se extrae el aceite, que representa el 35 - 40 % de su peso sin considerar el peso de la cáscara, mediante el prensado en frío para no afectar la calidad del aceite.

Luego, se obtendrá el coagulante-floculante a partir de la torta, si bien es cierto por teoría se debe utilizar solventes para extraer el aceite residual de la torta, pero de acuerdo a la investigación realizada por Silva et al. (2018) al utilizar solventes se disminuyen los valores proteicos (Tabla 9), los cuales determinan el principio activo de coagulación y floculación de metales pesados, turbiedad y bacterias en el agua. Por lo tanto, se decidió no aplicar ningún solvente para extraer el aceite residual contenido en la torta, en su lugar se utilizará una extrusora en caliente.

4.4.3 Descripción del proceso de elaboración del aceite y coagulante-floculante moringa

El proceso de elaboración del coagulante-floculante moringa a partir de la semilla, y la extracción del aceite, consta de las siguientes etapas:

- a. *Recepción de materia prima:* Una vez que la materia prima ingresa al establecimiento, se realiza un muestreo al azar para realizar el control sanitario, es muy importante en esta etapa controlar que las semillas no estén sucias ni dañadas, para ser válidas para la extracción de aceite, posteriormente se pesa en la báscula y se deposita en el almacén de materia prima. Se recomienda que luego de retirar las semillas de la vaina se deje secar dentro de una habitación bien ventilada con corriente natural de aire por una semana para no afectar su composición y tener una humedad menor a 8,6 % (Aremu y Akintola, 2014).
- b. *Almacenamiento de la materia prima:* Se debe dejar los sacos de semilla de moringa sobre pallets en una habitación ventilada y evitar la humedad.
- c. *Pesado de la semilla:* Se debe realizar el pesado antes de que la materia prima ingrese al proceso.
- d. *Descascarado de la semilla:* Las semillas son depositadas en un molino con el fin de romper la cáscara para luego ser enviadas a un tamiz vibratorio en el cual

se separan la cáscara de la almendra (semilla sin cáscara) y la semilla pelada es depositada en una tolva de alimentación para ser transportada a la prensa extrusora mediante un sistema helicoidal de acero que provoca una leve trituración en la semilla; este sistema, solo se activa cuando el depósito de la prensa está por debajo del nivel.

- e. *Prensado de semillas:* En esta etapa se extrae el aceite de buena calidad utilizando una fuerza mecánica provocada por la prensa en frío con el fin de romper las paredes celulares de la semilla hasta formar una torta que sale con un aceite residual de 5 – 10 %. El aceite extraído en la prensa sale con una temperatura de 35 – 40°C aproximadamente.
- f. *Extrusado de la torta:* La torta resultante del prensado es extrusada y a la vez calentada por fricción a más de 100°C. Gracias a esta etapa, el aceite contenido en la torta es extraído en su totalidad y sale a una temperatura promedio de 120°C, el cual es mezclado con el aceite que sale de la prensa, debido a que no es significativo para disminuir la calidad del aceite. En esta etapa se aumenta la capacidad de digestibilidad y accesibilidad de nutrientes de la torta (reducción de las sustancias anti-nutritivas y desnaturalización de las proteínas) que son necesarias para el consumo humano. Sin embargo, esto no afecta las propiedades coagulantes-floculantes de la semilla.
- g. *Enfriamiento de la harina gruesa:* La torta extrusada (en forma de grumos) a temperatura de 120°C cae a un sistema helicoidal que transporta la harina de semilla de moringa hasta un sistema de ventilación mientras se va enfriando y deshaciendo los grumos de la torta hasta obtener un coagulante-floculante con una humedad menor al 8 %. Si se quiere lograr una finura entre 200 y 300 μm se debe ajustar más el tornillo de la extrusora, pero esto provoca una disminución en la producción, por ende, cuando se requiera una mayor producción se pasará la harina gruesa por un molino con el objetivo de reducir la granulometría sin afectar el nivel de producción.
- h. *Molienda de la harina gruesa:* Para obtener una mejor floculación, el coagulante-floculante moringa debe ser lo más fino posible. Por ello, se procede a moler el polvo que sale de la etapa de enfriamiento hasta alcanzar una granulometría entre 200 y 300 μm .
- i. *Codificado, envasado y sellado del coagulante-floculante moringa:* En esta etapa del proceso se envasa manualmente el coagulante-floculante en sacos de polipropileno con capacidad de 20 Kg. Se debe considerar la precisión,

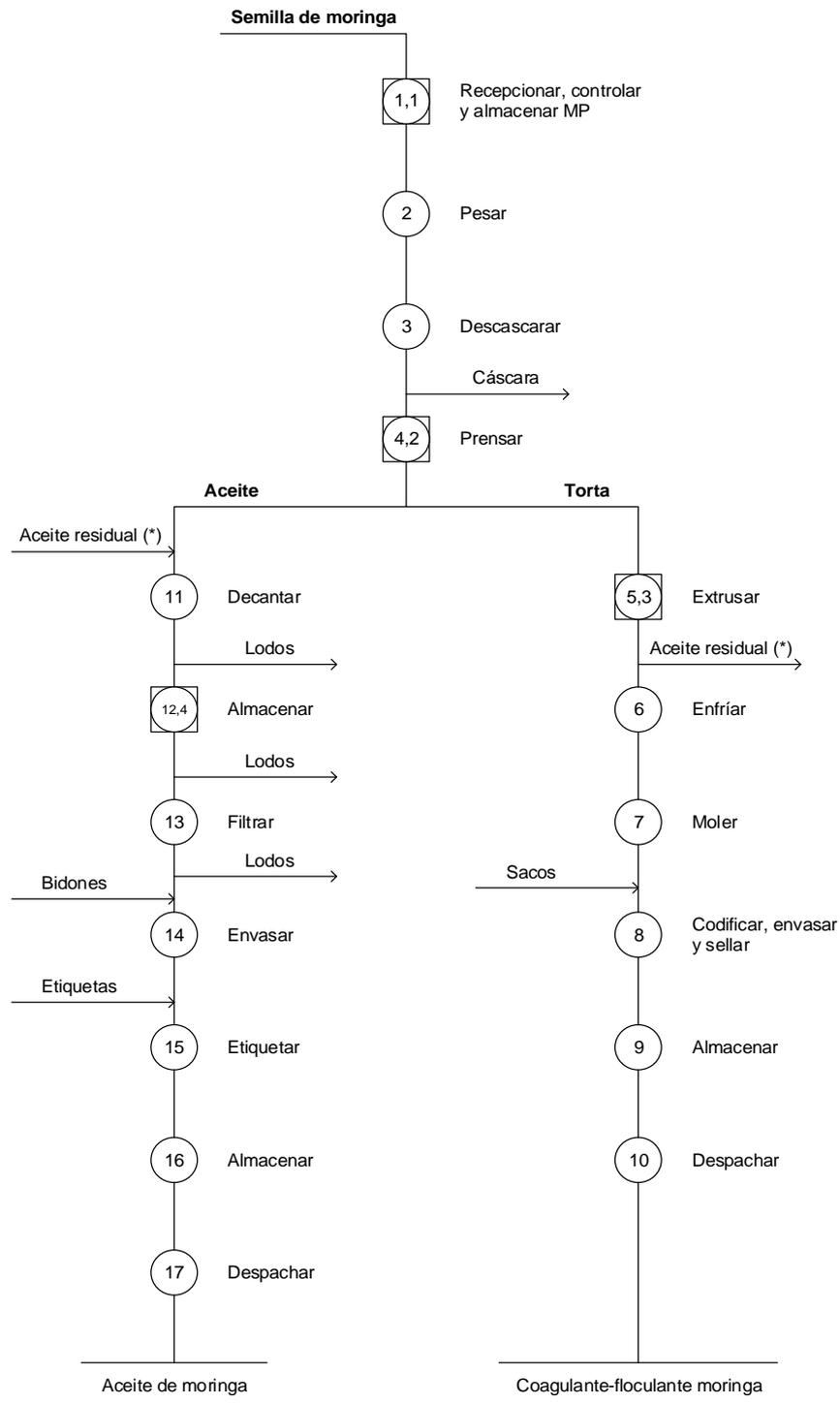
seguridad e higiene de envasado. Posteriormente, se lleva a cabo el proceso de sellado por medio de una máquina de coser portátil y la codificación se realiza a través de una impresora de etiquetas autoadhesivas.

- j. *Decantación del aceite:* Cuando el aceite sale por el prensado en frío pasa por una malla que retiene la espuma y partículas propias de la semilla. Sin embargo, quedan micropartículas en suspensión (lodos), por ello, se debe mantener en reposo por un periodo de 5 a 7 días para que se depositen y para que el aceite adquiera la temperatura ambiente.
- k. *Almacenamiento del aceite:* Cuando el aceite sale de la etapa de decantación es depositado en un tanque de almacenamiento de acero inoxidable en forma cónica, en ambientes de poca luz, ya que la temperatura, la luz y el contacto con el oxígeno generan el deterioro oxidativo de este producto. Asimismo, van depositándose las micro partículas en suspensión (lodos) que no lograron depositarse en la etapa de decantación.
- l. *Filtrado del aceite:* Operación que consiste en hacer pasar el aceite a través de unas placas filtrantes en profundidad para obtener un alto grado de clarificación, que permita retener en forma fiable las partículas más finas (lodos) y tiene un efecto reductor de gérmenes.
- m. *Envasado del aceite:* Consiste en disponer el aceite en bidones de 20 litros (18,24 Kg apróx.) u otra presentación dependiendo del requerimiento del cliente.
- n. *Etiquetado de envases:* Se coloca una etiqueta autoadhesiva que contenga todos los datos que se indiquen en la ficha técnica del producto, información de la empresa y del cliente.
- o. *Almacenamiento de producto terminado:* Los sacos y los bidones se colocan sobre palets para su despacho y comercialización.
- p. *Despacho:* Se procede a la entrega de producto terminado de acuerdo al pedido del cliente. La persona responsable del despacho, antes de cargar el producto terminado al vehículo de transporte, se asegura que los vehículos estén limpios y desinfectados.

A continuación, en las Figuras 7, 8, 9 y 10 se muestran los diagramas que describen el proceso de elaboración de aceite y coagulante-floculante moringa.

Figura 7

Diagrama de operaciones del proceso de elaboración de aceite y coagulante-floculante moringa



Símbolo	Actividad	Cantidad
○	Operación	17
□	Inspección	4

Figura 8

Diagrama de análisis del proceso de elaboración del coagulante-floculante moringa

UPT FAING EPII									
DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE PROCESO									
Empresa:						RESUMEN			
Proceso: Coagulante-floculante moringa						Actividad	Total	Tiempo ()	Distancia ()
Se inicia en: Recepción de la materia prima						Operación	9	0	0
Se termina en: Despacho del producto terminado						Transporte	3	0	0
Método: DAP						Demora	1	0	0
Analista:						Almacenamiento	1	0	0
Fecha:						Inspección	4	0	0
Aprobado por:						Total	18	0	0
Hoja número 1 de 1 Hojas: 1									
Nº	Descripción de actividad	○	⇒	D	▽	□	Tiempo ()	Distancia ()	Observaciones
	Coagulante-floculante moringa								
1	Recepción de la materia prima	X							
2	Inspección de la calidad de materia prima					X			Semillas limpias y no dañadas
3	Transporte de MP al almacén		X						
4	Almacenamiento de la materia prima			X					Máximo 1 mes
5	Transporte de MP al área de producción		X						
6	Pesado de la semilla de moringa	X							Registrar el peso por batch
7	Descascarado de semillas	X							
8	Prensado de semillas	X							
9	Control de la presión y temperatura					X			Menor a 50°C
10	Extrusado de la torta de semilla	X							
11	Control de la temperatura					X			T=120°C
12	Enfriamiento de la harina gruesa	X							
13	Molienda de la harina gruesa	X							Menor a 500µm
14	Codificado, envasado y sellado del coagulante-floculante	X							
15	Inspección del producto terminado					X			Hermeticidad y acabado prolijo
16	Transporte de sacos al almacén de PT		X						
17	Almacenamiento del producto terminado					X			Lugar fresco y seco
18	Despacho del producto terminado	X							

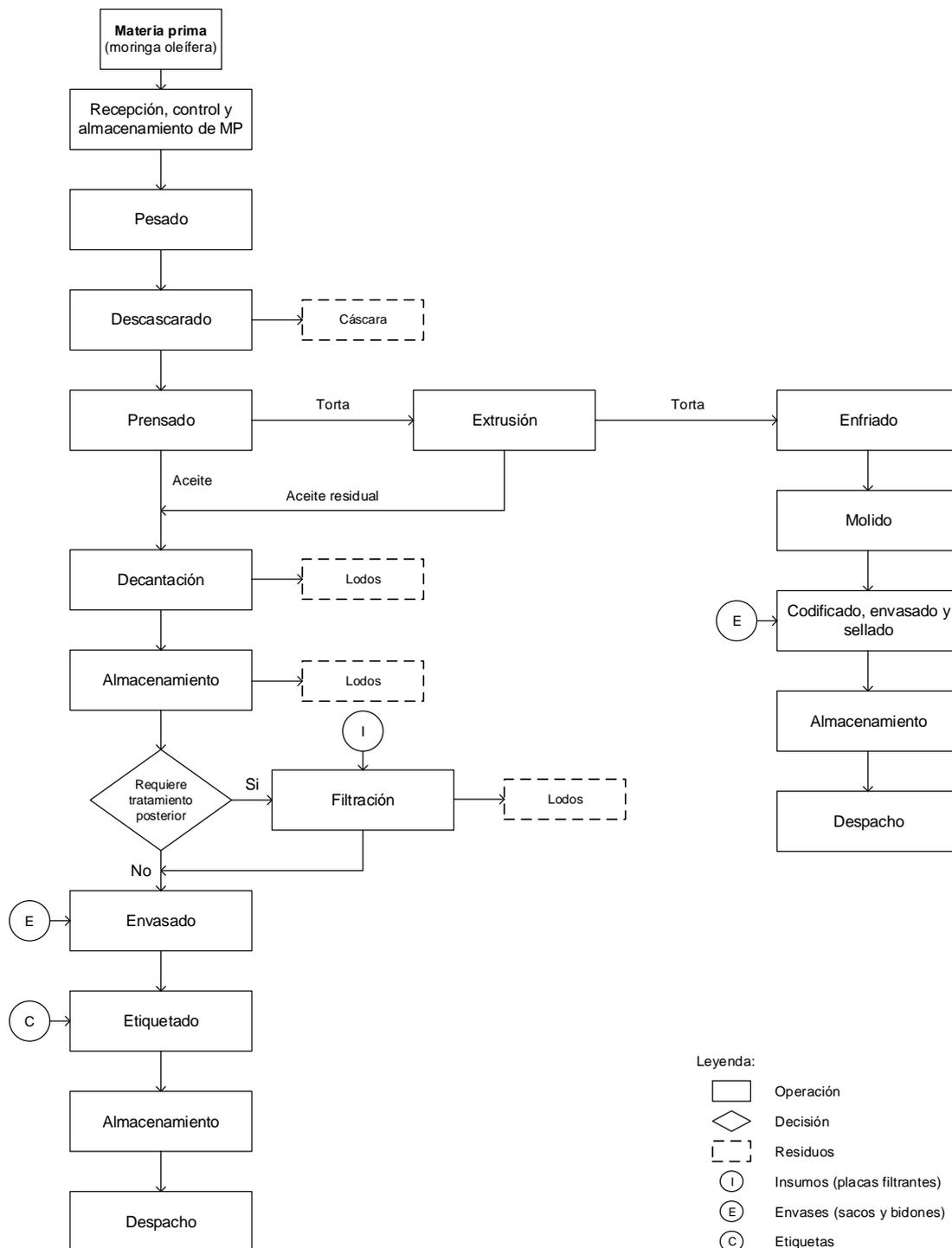
Figura 9

Diagrama de análisis del proceso de elaboración del aceite de moringa

UPT FAING EPII									
DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE PROCESO									
Empresa:.....		RESUMEN							
Proceso: Aceite de moringa		Actividad	Total	Tiempo ()	Distancia ()				
Se inicia en: Recepción de la materia prima		Operación ○	9	0	0				
Se termina en: Despacho del producto terminado		Transporte ⇨	3	0	0				
Método: DAP		Demora D	2	0	0				
Analista:.....		Almacenamiento ▽	1	0	0				
Fecha:.....		Inspección □	3	0	0				
Aprobado por:.....		Total	18	0	0				
Hoja número 1 de 1 Hojas: 1									
Nº	Descripción de actividad	○	⇨	D	▽	□	Tiempo ()	Distancia ()	Observaciones
	Aceite de moringa								
1	Recepción de la materia prima	X							
2	Inspección de la calidad de materia prima					X			Semillas limpias y no dañadas
3	Transporte de MP al almacén		X						
4	Almacenamiento de la materia prima			X					Máximo 1 mes
5	Transporte de MP al área de producción		X						
6	Pesado de la semilla de moringa	X							Registrar el peso por batch
7	Descascarado de semillas	X							
8	Prensado de semillas	X							
9	Control de la presión y temperatura					X			Menor a 50°C
10	Decantación del aceite de moringa	X							
11	Almacenamiento del aceite de moringa			X					Ambiente de poca luz
12	Control de grado de acidez libre e índice de peróxidos					X			Acidez ≤ 4.00 mg KOH/g de grasa o aceite IP ≤ 15.00 meqO2/Kg
13	Filtrado del aceite de moringa	X							
14	Envasado de aceite de moringa	X							
15	Etiquetado de envases	X							
16	Transporte de bidones al almacén de PT		X						
17	Almacenamiento del producto terminado				X				Lugar libre de luz directa
18	Despacho del producto terminado	X							

Figura 10

Diagrama de flujo del proceso de elaboración de aceite y coagulante-floculante moringa



4.4.4 Descripción de maquinaria y equipos

En la etapa de pesado de las semillas de moringa se empleará una balanza de plataforma digital por su fácil manejo y capacidad de memoria y para la etapa de descascarado se necesita una desgranadora especial para semillas de moringa que evite su rompimiento total.

Para llevar a cabo la operación de prensado y extrusado se utilizará la prensa extrusora Bindgalvão. Esta máquina realiza el prensado en frío de la semilla de moringa sin testa donde se genera la torta y el aceite, siendo cada uno llevado por un camino diferente; el aceite pasa por una rejilla para su posterior decantación y la torta es tostada a una temperatura mayor a 100°C donde se extrae el mayor porcentaje de aceite residual y se desnaturaliza las proteínas para sean aptas para el consumo humano. Luego, la torta extrusada cae a un sistema helicoidal donde se va enfriando y a la vez, se va obteniendo una granulometría más fina de la torta, esto provoca que la harina fina o gruesa se vaya secando ligeramente hasta pasar por un sistema de ventilación donde se seca por completo.

Para el molido, se ha optado por un molino de martillos, ya que produce poca fricción, en consecuencia, no se eleva la temperatura y no afecta las propiedades proteicas de la semilla. Además, se puede controlar la velocidad de corte según la finura que se quiere obtener. Se ha descartado el uso de molino de discos y cuchillas porque generan fricción provocando un aumento en la temperatura (no es posible controlar) y es posible que al desgastarse los discos o cuchillas puedan transferir partículas metálicas al producto.

Para la decantación y almacenamiento del aceite se requiere tanques de acero inoxidable y para la filtración del aceite se requiere un filtro con placas de 20x20 cm aproximadamente. Para el envasado de aceite se realizará de forma manual con la ayuda de jarras y embudos. El envasado del coagulante-floculante moringa se realizará de forma manual y el sellado del saco se realizará con una máquina de coser portátil.

4.4.5 Balance de materia del proceso de elaboración de productos derivados de la semilla de moringa

En la Figura 11, se determinó el balance de materia del proceso de elaboración de aceite y coagulante-floculante moringa para obtener el rendimiento de aceite y

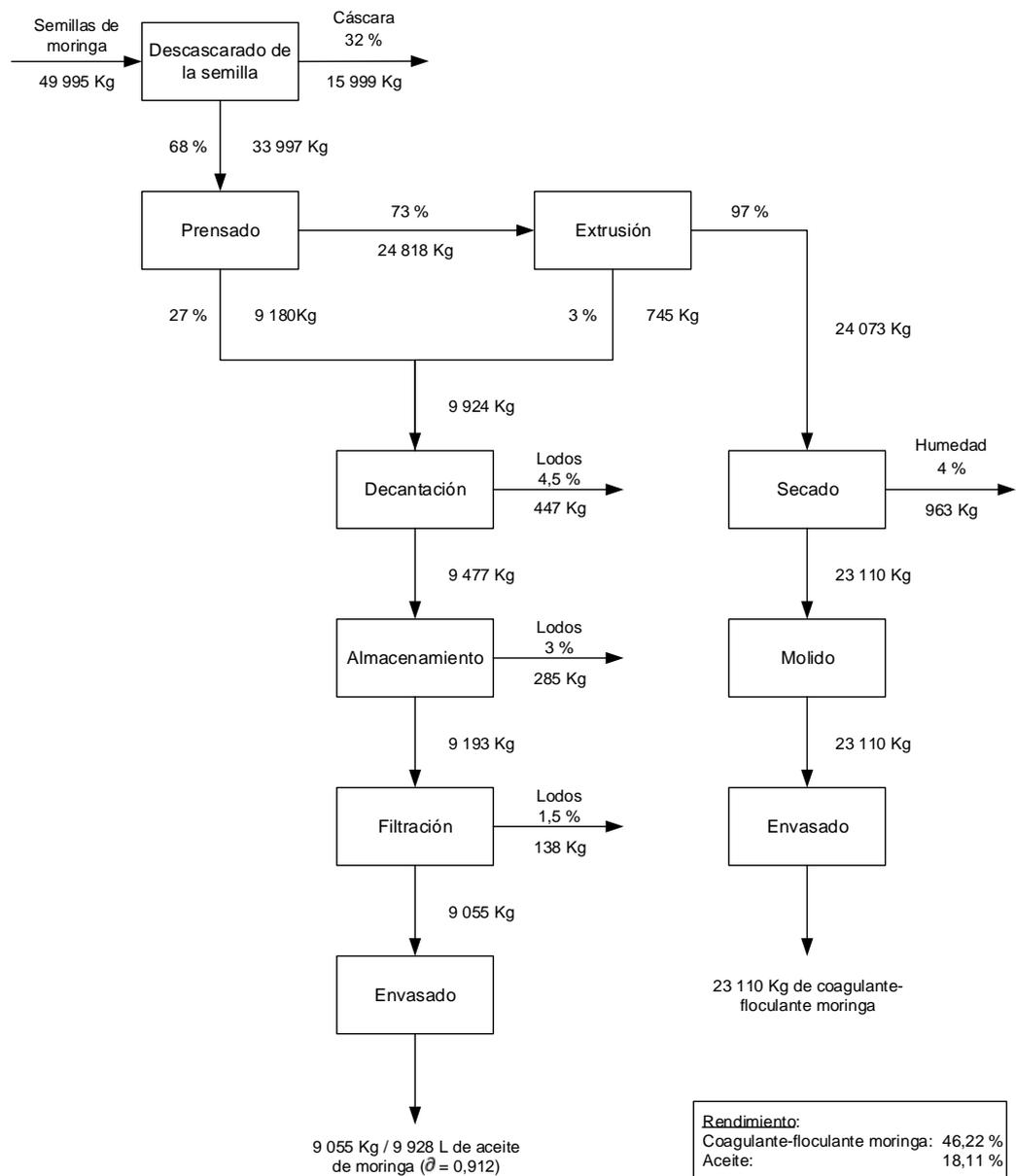
coagulante. Para calcular el rendimiento, se empleó la siguiente ecuación donde se consideró la materia que ingresa y la materia que sale:

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Materia que sale}}{\text{Materia que ingresa}} \times 100 \quad (5)$$

Los rendimientos que se obtuvieron de la elaboración de coagulante y aceite a base de semilla de moringa fueron 46,22 % y 18,11 % respectivamente.

Figura 11

Balance de materia del proceso de elaboración de aceite y coagulante-floculante moringa



4.4.6 Distribución de planta

Para diseñar la distribución general de la planta de procesamiento de aceite y coagulante-floculante moringa se tomó en cuenta el análisis de las relaciones entre las actividades que se realizará dentro de la planta, es decir, la importancia de la cercanía entre las distintas áreas productivas, administrativas y de servicios según lo indicado en el libro “Disposición de Planta” (Díaz et al., 2014).

Después de hacer la lista de las áreas que se requieren para un buen funcionamiento de la planta, se procede a realizar la tabla relacional que asegura la evaluación de la proximidad entre todas las áreas. Esta tabla relacional consiste en relacionar dos actividades en cada casilla, a su vez, cada casilla está dividida horizontalmente en dos; en la parte superior se coloca el valor de proximidad y en la parte inferior se indica el motivo que ha inducido a elegir ese valor; tal y como se muestra en la Figura 12.

Terminado este procedimiento, se construye el diagrama relacional de recorrido o actividades; el cual es una técnica que permite observar de forma gráfica todas las actividades según el grado o intensidad de proximidad obtenido en la tabla relacional; por lo tanto, desarrollando este diagrama se busca la minimización de recorrido entre las áreas según su importancia. En la Figura 13, se muestra el diagrama relacional de recorrido de la planta de procesamiento más adecuado, con el cual se procede a diseñar el layout de la planta (Figura 14 y Figura 15).

Figura 12

Tabla relacional

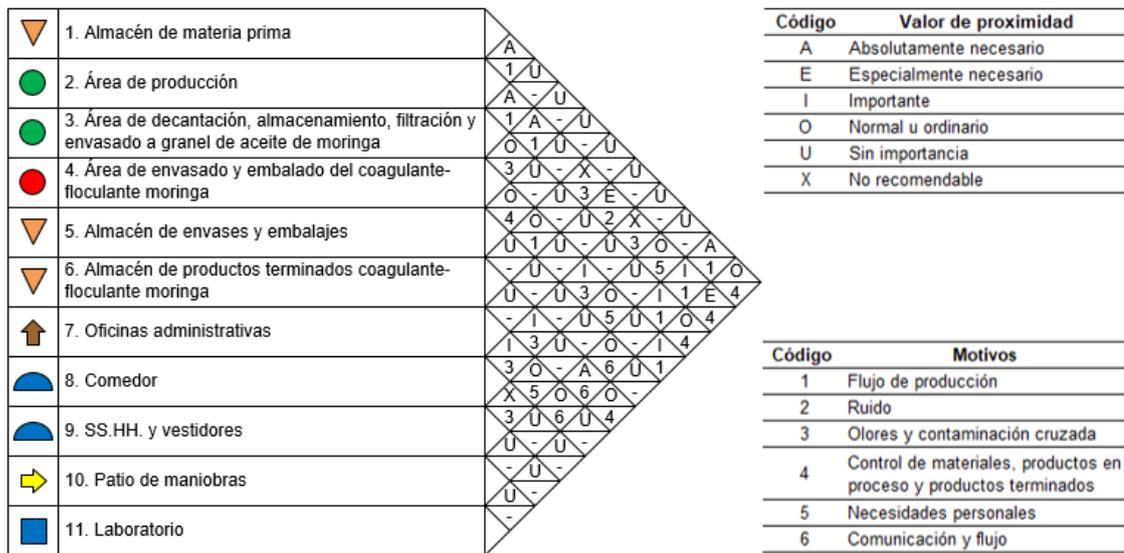
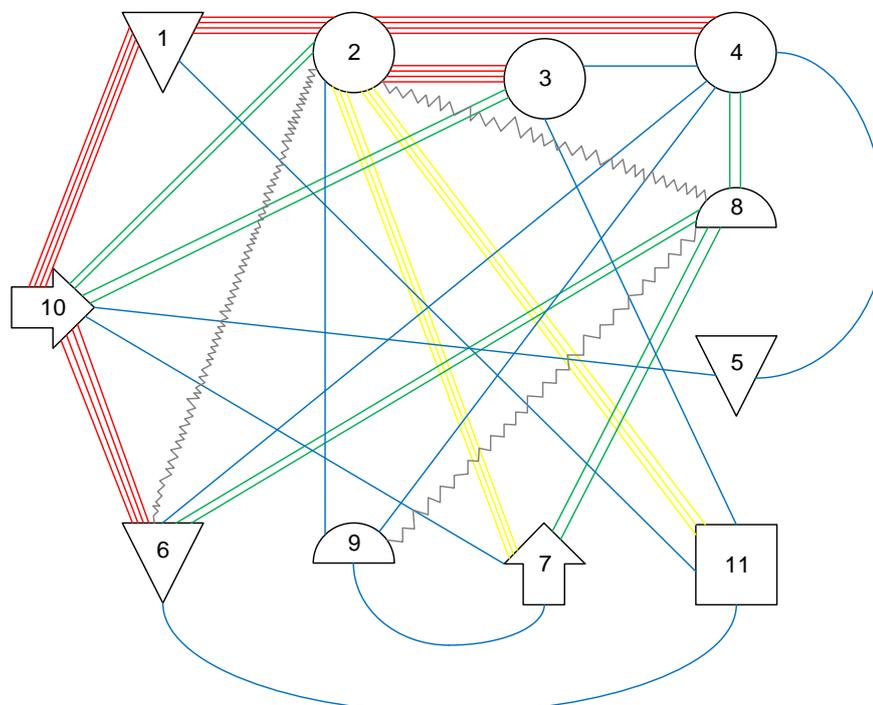


Figura 13

Diagrama relacional de recorrido o actividades



Código	Proximidad	Color	Nº de líneas
A	Absolutamente necesario	Rojo	4 rectas
E	Especialmente importante	Amarillo	3 rectas
I	Importante	Verde	2 rectas
O	Normal	Azul	1 recta
U	Sin importancia	---	---
X	No deseable	Plomo	1 zig-zag
XX	Altamente no deseable	Negro	2 zig-zag

Figura 14

Layout por áreas

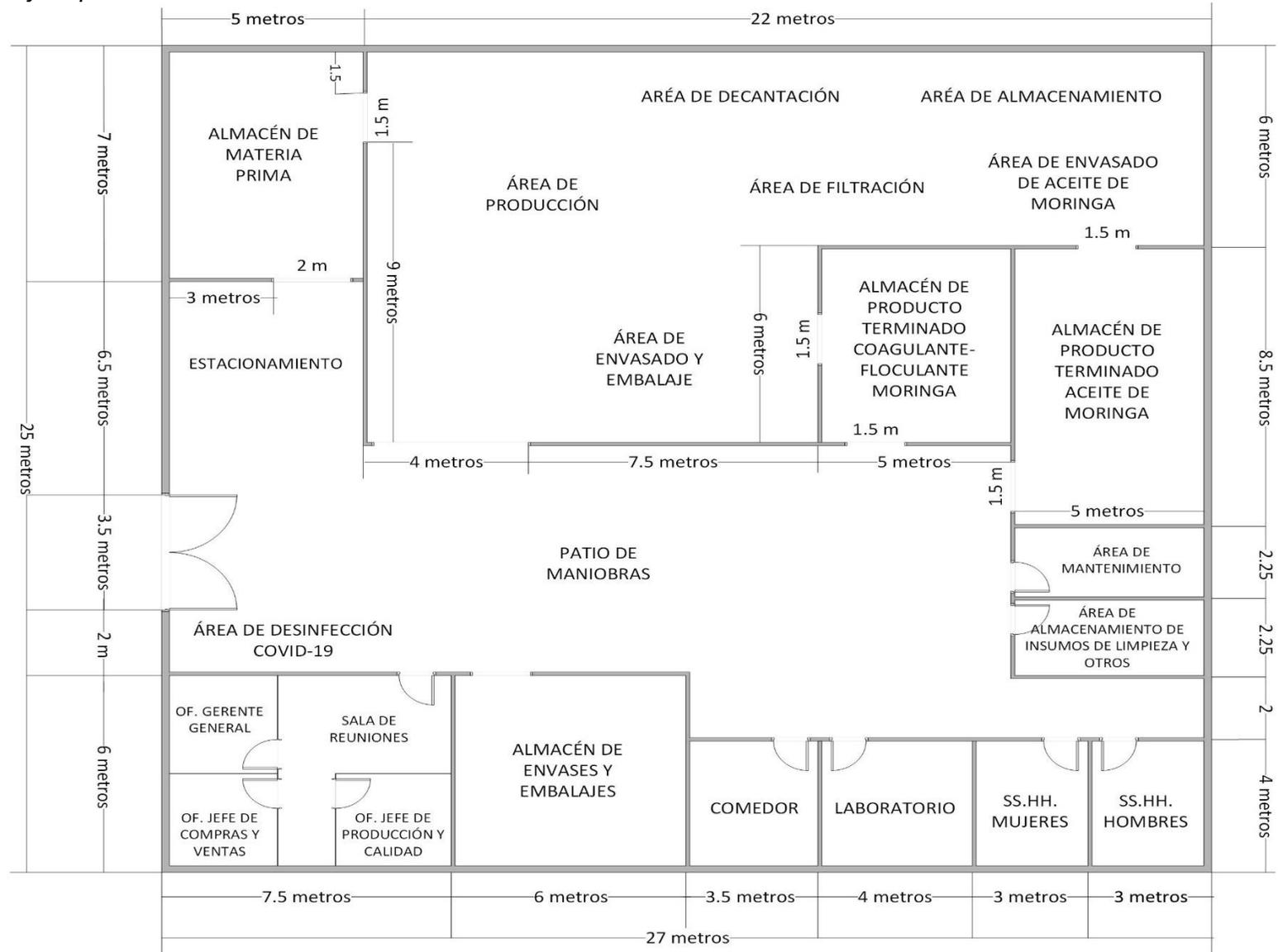


Figura 15

Layout de maquinaria, equipos e inmobiliaria en general



4.4.7 Acondicionamiento de la planta de producción

Para el acondicionamiento de la planta de producción se tomará en cuenta las medidas de distribución indicadas en la Figura 14; además, las condiciones para alquilar el terreno deben ser las siguientes:

- Área aproximada de 675 m².
- Terreno construido y techado tipo galpón con conexión de agua, desagüe y luz, portón metálico (3,5 m de ancho), baños, piso de cemento pulido y otros.
- En su entorno debe contar con obras de habilitación urbana, tales como veredas, pistas de asfalto, alumbrado eléctrico, etc.

Una vez alquilado el terreno, se debe realizar las divisiones internas y techado de las áreas con material drywall, en las oficinas y laboratorio se colocará piso de cerámico, todas las puertas exteriores serán metálicas y las internas de aluminio con policarbonato. Asimismo, se debe acondicionar las conexiones de agua, desagüe y luz de la planta de acuerdo a lo necesario para la elaboración de aceite y coagulante-floculante moringa; por lo tanto, se incurrirá en un gasto de S/ 160 850,75 como se muestra en la Tabla 31:

Tabla 31

Gastos de acondicionamiento de la planta de elaboración de aceite y coagulante-floculante moringa

Descripción	Valor total (S/)
Muros de drywall y tabiques de albañilería	52 957,87
Piso de cerámico	8 158,50
Puertas metálicas	20 665,20
Puertas de aluminio con policarbonato	600,00
Vidrios, cristales y similares (ventanas)	725,70
Pintura	7 428,87
Techo de drywall	33 562,98
Aparatos sanitarios	861,00
Sistema de desagüe	916,72
Sistema agua fría	539,56
Luminarias y accesorios eléctricos	5 501,15
Conductores	1 979,94
Tablero de distribución de energía	3 800,00

Continuación Tabla 31.

Descripción	Valor total (S/)
Canalización y/o tuberías	2 633,45
Trabajos preliminares (luz, agua, transporte y limpieza)	5 897,00
Costo directo	146 227,95
Gastos generales (10%) (*)	14 622,80
Sub total (sin IGV)	160 850,75

Nota. (*) Incluyen los gastos de mano de obra y/o gastos adicionales.

4.5 Evaluación económica del proyecto

4.5.1 Inversiones

Para la estimación de inversiones de largo plazo, que involucra activos tangibles e intangibles, la empresa necesita invertir S/ 579 532,05 en activos tangibles y S/ 23 700,00 en activos intangibles como se detalla en la Tabla 32 y en la Tabla 33.

Tabla 32

Activos tangibles

Activos Tangibles	Cantidad	Valor (S/)	Valor total (S/)
Equipo de cómputo y oficina			
Laptops	1	2 500,00	2 500,00
Impresoras	2	600,00	1 200,00
Impresora zebra	1	5 629,30	5 629,30
Computadoras	2	2 550,00	5 100,00
Mobiliario de oficina			
Escritorios	3	650,00	1 950,00
Estantes	6	270,00	1 620,00
Sillas de oficina	3	179,00	537,00
Mesas de madera	2	600,00	1 200,00
Sillas de madera	6	50,00	300,00
Mobiliario de planta			
Estantes metálicos	5	2 700,00	13 500,00
Sillas o bancas	6	130,00	780,00
Mesas de acero inoxidable	3	1 100,00	3 300,00
Pallets de plástico	30	36,67	1 100,00
Escaleras	3	400,00	1 200,00
Carretas	3	250,00	750,00

Continuación Tabla 32.

Activos Tangibles	Cantidad	Valor (S/)	Valor total (S/)
Máquinas y equipos			
Sacos polipropileno	1 000	1,20	1 200,00
Balanza de plataforma	2	320,00	640,00
Balanza de precisión	1	890,00	890,00
Desgranadora de semilla	1	15 000,00	15 000,00
Prensa extrusora	1	57 000,00	57 000,00
Molino de martillo	1	5 200,00	5 200,00
Tanque de almacenamiento de 3000 L	3	27 000,00	81 000,00
Tanque de almacenamiento de 550 L	4	15 000,00	60 000,00
Filtro prensa de 20x20 cm	1	4 200,00	4 200,00
Ensacadora	1	600,00	600,00
Faja transportadora de polvo	2	5 300,00	10 600,00
Mangueras	3	408,00	1 224,00
Montacargas	1	31 561,00	31 561,00
Vehículo de transporte de carga	1	98 400,00	98 400,00
Acondicionamiento de la planta de producción			160 850,75
Instalación de la maquinaria			10 500,00
Total (sin IGv)			579 532,05

Tabla 33

Activos intangibles

Activos intangibles	Costo (S/)
Estudios (prefactibilidad y factibilidad)	10 000,00
Software	3 700,00
Licencias y marcas	10 000,00
Total (sin IGv)	23 700,00

Para la estimación de las inversiones a corto plazo (capital de trabajo) que la empresa necesita para iniciar sus actividades se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$WK = \frac{GOA}{365} \times CC \quad (6)$$

Donde:

WK: Capital de trabajo

GOA: Gasto operativo anual

CC: Ciclo de caja

El gasto operativo anual es la suma de todos los gastos desembolsables que tendría la compañía durante un año de operación (Tabla 34).

Tabla 34

Gastos operativos anuales

Gastos operativos anuales	Monto anual (S/)
Mano de obra directa	106 197,33
Costos indirectos de fabricación	82 852,52
Gastos administrativos y ventas	190 212,67
Total	379 262,52

El ciclo de caja es el número de días que transcurre entre el primer desembolso y el primer ingreso de dinero de la compañía. Para calcular el ciclo de caja de la compañía se debe tener en cuenta lo siguiente:

- El pago de las compras a crédito de materia prima y de envases se realizarán 30 días después de su recepción, excepto el mes de diciembre donde las compras serán al contado.
- Las ventas a crédito se cobrarán luego de 15 días después de entregar la mercadería, excepto la última quincena de diciembre donde las ventas serán al contado.
- Las entregas de mercadería se realizarán cada quincena, excepto la primera entrega que se le realizará el viernes de la primera semana de inicio de actividades.
- El pago de mano de obra se realizará cada fin de mes.

Entonces, el primer pago se realizará en 30 días y la primera entrada de dinero para la empresa será en 20 días considerando los 5 días de la primera entrega. Restando ambas cifras, se calcula que el ciclo de caja es de 10 días. Sin embargo, para cubrir cualquier imprevisto que pudiera surgir durante la operación se redondeará el ciclo de caja a 30 días.

Teniendo los valores del gasto operativo anual y el ciclo de caja se reemplazó en la fórmula para hallar el capital de trabajo, sin embargo, a la suma del gasto operativo anual no se le considera el presupuesto de materia prima, ya que, la primera compra de materia prima se realizará por cuatro meses; es decir, se necesita

un tercio del presupuesto de materia prima. Por lo tanto, el capital de trabajo se calcula de la siguiente manera:

$$WK = \frac{379\,262,52}{365} \times 30 + \frac{1\,000\,000,00}{3}$$

$$WK = 364\,505,60 \text{ soles}$$

Por lo tanto, la inversión total necesaria para iniciar las labores de la compañía es de S/ 1 076 319,41 (Tabla 35).

Tabla 35

Inversión total necesaria

Inversión total necesaria	Monto (S/)	IGV S/	Precio Total S/
Activo tangible	579 532,05	104 315,77	683 847,82
Activo intangible	23 700,00	4 266,00	27 966,00
Capital de trabajo	362 746,32	21 404,52(*)	364 505,60
Total	965 978,37	129 986,29	1 076 319,41

Nota. ()* IGV no incluye el monto de materia prima y de mano de obra directa.

4.5.2 Costos de producción

En la Tabla 36, se determinó los costos de producción donde se sumó el costo de materia prima (semilla de moringa), mano de obra directa (personal involucrado en el proceso de producción) y costos indirectos de fabricación (material indirecto y costos generales de la planta).

Tabla 36

Costos totales de producción en miles de soles

Costos de producción	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Materia prima	1 000,00	1 400,00	1 900,00	2 800,00	3 500,00	4 000,00
Mano de obra directa	106,20	106,20	106,20	204,10	204,10	204,10
Costos indirectos de fabricación	131,12	138,08	148,09	173,34	184,47	167,73
Total de costo de producción	1 237,31	1 644,28	2 154,28	3 177,43	3 888,57	4 371,83

Para el costo de producción general se consideró todos los costos totales incurridos para ambos productos que comercializará la empresa. Pero para

determinar el costo de producción unitario, se asumió que el 90 % de los costos de materia prima, mano de obra directa y costos indirectos de fabricación será asumido por el aceite de moringa, debido a que representa el 90 % de los ingresos, ya que, el precio de un litro en el mercado actual varía entre 250 y 300 soles (información consultada a vendedores naturistas (Perú) y vendedores de Alibaba), el cual es mucho más representativo que el precio del coagulante-floculante moringa (asume el 10 % restante).

Como podemos observar en la Tabla 37 y 38, se calcularon los costos de producción para 1 Kg de coagulante-floculante y 1 L de aceite de moringa; considerando un rendimiento de 46,22 % y 18,11 % respectivamente. Asimismo, se calculó el costo de producción por unidad de venta; en el caso del coagulante se venderá en sacos de 20 Kg y el aceite en bidones de 20 L.

Tabla 37

Costos de producción del coagulante-floculante moringa en miles de soles

Costos de producción	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Materia prima (10 %)	100,00	140,00	190,00	280,00	350,00	400,00
Mano de obra directa (10 %)	10,62	10,62	10,62	20,41	20,41	20,41
Costos indirectos de fabricación (10 %)	13,11	13,81	14,81	17,33	18,45	16,77
Total	123,73	164,43	215,43	317,74	388,86	437,18
Compras Kg	50,00	70,00	95,00	140,00	175,00	200,00
Cantidad obtenida (Kg)	23,11	32,35	43,91	64,71	80,89	92,44
Costo unitario (Kg)	5,35	5,08	4,91	4,91	4,81	4,73
Costo de producción por saco (20 Kg)	107,08	101,64	98,12	98,21	96,15	94,59

Tabla 38

Costos de producción del aceite de moringa en miles de soles

Costos de producción	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Materia prima (90 %)	900,00	1 260,00	1 710,00	2 520,00	3 150,00	3 600,00
Mano de obra directa (90 %)	95,58	95,58	95,58	183,69	183,69	183,69
Costos indirectos de fabricación (90 %)	118,01	124,27	133,28	156,00	166,02	150,96
Total	1 113,58	1 479,85	1,938,86	2 859,69	3,499,71	3 934,65
Compras kg	50,00	70,00	95,00	140,00	175,00	200,00
Cantidad obtenida (litros)	9,93	13,90	18,86	27,79	34,74	39,70
Costo unitario (L)	112,20	106,50	102,82	102,90	100,75	99,11
Costo de producción por bidón (20 L)	2 244,00	2 130,05	2 056,32	2 058,07	2 014,95	1 982,19

4.5.3 Presupuestos operativos

4.5.3.1 Presupuesto de ingreso por ventas

Para determinar el precio de venta del coagulante-floculante moringa se tomó en cuenta el propósito principal del proyecto que es beneficiar a la población expuesta a altos niveles de arsénico, por lo que, el margen de ganancia debe ser el mínimo posible, es decir, que cubra el costo unitario.

En cuanto al aceite de moringa se consideró los precios del mercado (Tabla 39) como referencia para estimar el precio de venta de nuestro producto.

Tabla 39

Precio del aceite de moringa en el mercado

Empresa/marca	Presentación	Precio
IDSA SA	Botella PET de 1 litro	S/ 260,00
Asociación de Moringueros del Norte	1 litro a granel	S/ 250,00 – S/ 300,00
El Algarrobo (Asociación familiar)	1 litro a granel	S/ 280,00
Marcas internacionales: Mother nature, Mayan's secret, La Green, True moringa, Zest of moringa, etc.	Botella de vidrio de 100 ml a 480 ml	S/ 270,00 - S/ 619,00
Marcas nacionales: Zoe life, Cocoa skin, Naroma, Artstore, Be natural, etc.	Botella de plástico de 30 ml - 100 ml	S/ 30,00 – S/ 70,00

Para hallar el precio de venta de nuestros productos se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Precio de venta} = \frac{\text{costo unitario}}{1 - \% \text{ margen de utilidad}} \quad (7)$$

Teniendo en cuenta un margen de utilidad para el coagulante y el aceite de semilla de moringa de 30 % y 36 % respectivamente:

$$\text{Precio de venta del coagulante} = \frac{107,08}{1 - 0,30} = 152,97 \cong 153,00$$

$$\text{Precio de venta del aceite} = \frac{2\,244,00}{1 - 0,36} = 3\,506,25 \cong 3\,506,30$$

Por lo tanto, el precio de venta del saco de coagulante por 20 Kg y del bidón por 20 L de aceite ascienden a S/ 153,00 y S/ 3 506,30 respectivamente. Sin embargo, para el cálculo de los ingresos por ventas, se calculó con el valor de venta de cada uno, es decir, S/ 129,66 y S/ 2 971,44 (Tabla 40 y 41).

Tabla 40

Ingreso por ventas en miles de soles del coagulante-floculante moringa

Coagulante-floculante	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Cantidad obtenida (kilos)	23,11	32,35	43,91	64,71	80,89	92,44
Sacos de coagulante de 20 kg(*)	1,16	1,62	2,20	3,24	4,04	4,62
Costo por saco de 20 kg	107,08	101,64	98,12	98,21	96,15	94,59
Valor de venta por saco 20 kg	129,66	129,66	129,66	129,66	129,66	129,66
Total ingresos	149,82	209,75	284,66	419,50	524,38	599,29

Nota. (*) Cantidad en miles.

Tabla 41

Ingreso por ventas en miles de soles del aceite de moringa

Aceite	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Cantidad obtenida (litros)	9,93	13,90	18,86	27,79	34,74	39,70
Bidones de aceite de 20 L(*)	0,50	0,69	0,94	1,39	1,74	1,99
Costo por bidón de 20 L	2 244,00	2 130,05	2 056,32	2 058,07	2 014,95	1 982,19
Valor de venta por bidón de 20 L	2 971,44	2 971,44	2 971,44	2 971,44	2 971,44	2 971,44
Total ingresos	1 474,58	2 064,41	2 801,70	4 128,82	5 161,02	5 898,31

Nota. (*) Cantidad en miles.

De los ingresos totales, el 90,78 % corresponden a las ventas de aceite y el 9,22 % al coagulante-floculante moringa. Asimismo, se calculó los ingresos totales con IGV para efectos de calcular más adelante el flujo de caja (Tabla 42).

Tabla 42*Ingresos totales por ventas en miles de soles*

	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Total Ingresos (sin IGV)	1 624,40	2 274,16	3 086,36	4 548,32	5 685,40	6 497,60
IGV de Ingresos	292,39	409,35	555,54	818,70	1 023,37	1 169,57
Total Ingresos (con IGV)	1 916,79	2 683,51	3 641,90	5 367,02	6 708,77	7 667,16
Coagulante (%)	9,22	9,22	9,22	9,22	9,22	9,22
Aceite (%)	90,78	90,78	90,78	90,78	90,78	90,78

Con ello se demostró que se cumple la regla del 90 % y 10 % sobre la asignación de costos de producción dado en el punto 4.5.2.

4.5.3.2 Presupuesto operativo de costos

Para el presupuesto operativo de costos se consideró la mano de obra directa y materia prima (Tabla 43).

Tabla 43*Presupuesto operativo de costos en miles de soles*

	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Materia prima	1 000,00	1 400,00	1 900,00	2 800,00	3 500,00	4 000,00
Mano de obra directa	106,20	106,20	106,20	204,10	204,10	204,10
Total	1 106,20	1 506,20	2 006,20	3 004,10	3 704,10	4 204,10

4.5.3.3 Presupuesto operativo de gastos

Para el presupuesto operativo de gastos hay que tener en cuenta los gastos de mano de obra indirecta, depreciación de activos fabriles y no fabriles, amortización de intangibles, servicio de vigilancia, servicio de desinfección de la planta en general, servicio de mantenimiento, certificaciones de calidad, gastos de distribución y gastos de promoción (Tabla 44).

Tabla 44*Presupuesto operativo de gastos en miles de soles*

	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Sueldos	91,26	91,26	91,26	91,26	91,26	91,26
Depreciación no fabril	4,17	4,17	4,17	4,17	0,56	0,56
Teléfono e internet	3,60	3,60	3,60	3,60	3,60	3,60
Útiles de oficina	8,50	9,00	9,00	10,00	10,00	10,00
Amortización de intangibles	2,37	2,37	2,37	2,37	2,37	2,37
Servicio de vigilancia	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Servicio de desinfección	0,60	0,60	0,60	0,90	0,90	0,90
Servicio de mantenimiento	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Certificaciones de calidad	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
Total gastos administrativos (sin IGV)	118,50	119,00	119,00	120,30	116,69	116,69
IGV de gastos administrativos	3,73	3,82	3,82	4,05	4,05	4,05
Total gastos administrativos (con IGV)	122,23	122,82	122,82	124,35	120,74	120,74
Sueldos	41,48	41,48	41,48	41,48	41,48	41,48
Gastos de promoción	8,00	7,00	4,00	8,00	4,00	4,00
Gastos de distribución	20,00	25,00	30,00	35,00	40,00	45,00
Total gastos de ventas (sin IGV)	69,48	73,48	75,48	84,48	85,48	90,48
IGV de gastos de ventas	5,04	5,76	6,12	7,74	7,92	8,82
Total gastos de ventas (con IGV)	74,52	79,24	81,60	92,22	93,40	99,30

4.5.4 Presupuestos operativos Presupuestos financieros

4.5.4.1 Presupuesto de estado de resultados

Para analizar la composición del Estado de Resultados, se le asignó el 100 % a la cuenta ingreso por ventas y, las demás partidas se repartieron proporcionalmente de acuerdo a la incidencia que tengan con dicha cuenta.

En el periodo 2022-2027, el costo de ventas tuvo un comportamiento normal, debido a que el nivel porcentual va disminuyendo conforme pasan los años.

Durante el periodo 2022-2027, los gastos de ventas y los gastos administrativos no representan un monto significativo y a la vez, van disminuyendo a través del tiempo. En este caso, no hay gastos financieros ya que el proyecto está financiado con capital propio.

El nivel porcentual de la utilidad neta va incrementándose mientras que, el nivel porcentual de los costos de ventas y gastos operativos van disminuyendo, debido a que, los ingresos por ventas van aumentando significativamente, lo cual favorece al crecimiento de la empresa.

Tabla 45

Presupuesto de estado de resultados en miles de soles

	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Ingreso por ventas	1 623,59	2 271,84	3 083,70	4 546,78	5 682,76	6 497,60
Costo de ventas	-1 237,31	-1 644,28	-2 154,28	-3 177,43	-3 888,57	-4 371,83
Utilidad bruta	386,28	627,56	929,42	1 369,35	1 794,19	2 125,77
Gastos de ventas	-69,48	-73,48	-75,48	-84,48	-85,48	-90,48
Gastos administrativos	-118,50	-119,00	-119,00	-124,30	-120,69	-120,69
Utilidad operativa	198,29	435,07	734,93	1 160,56	1 588,02	1 914,59
Gastos financieros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Utilidad antes de imptos.	198,29	435,07	734,93	1 160,56	1 588,02	1 914,59
IR (30 %)	58,50	128,35	216,80	342,37	468,47	564,80
Utilidad neta	139,80	306,73	518,13	818,20	1 119,55	1 349,79

Tabla 46

Análisis vertical del estado de resultados del periodo 2022-2027

	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Ingreso por ventas	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %
Costo de ventas	-76,21 %	-72,38 %	-69,86 %	-69,88 %	-68,43 %	-67,28 %
Utilidad bruta	23,79 %	27,62 %	30,14 %	30,12 %	31,57 %	32,72 %
Gastos de ventas	-4,28 %	-3,23 %	-2,45 %	-1,86 %	-1,50 %	-1,39 %
Gastos administrativos	-7,30 %	-5,24 %	-3,86 %	-2,73 %	-2,12 %	-1,86 %
Gastos financieros	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
Utilidad antes de imptos.	12,21 %	19,15 %	23,83 %	25,52 %	27,94 %	29,47 %
Impuesto a la renta (30 %)	3,60 %	5,65 %	7,03 %	7,53 %	8,24 %	8,69 %
Utilidad neta	8,61 %	13,50 %	16,80 %	18,00 %	19,70 %	20,77 %

4.5.4.2 Flujo de caja

Tabla 47

Flujo de caja del periodo 2022-2027 en miles de soles

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Ventas		1 915,84	2 680,77	3 638,77	5 365,20	6 705,66	7 667,16
Otros ingresos		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Recuperación del capital de trabajo							364,51
Total ingresos		1 915,84	2 680,77	3 638,77	5 365,20	6 705,66	7 667,16
Egresos							
Inversiones en Activos Tangibles	683,85						
Inversiones en Activos Intangibles	27,97						
Capital de trabajo	364,51						
Materia prima		1 000,00	1 400,00	1 900,00	2 800,00	3 500,00	4 000,00
Mano de Obra Directa		106,20	106,20	106,20	204,10	204,10	204,10
CIF		143,76	151,98	163,78	193,57	206,71	191,64
Gastos administrativos		122,23	122,82	122,82	129,07	125,46	125,46
Gastos de ventas		74,52	79,24	81,60	92,22	93,40	99,30
IGV por pagar		162,26	385,46	529,44	785,67	987,97	1 132,07
Impuesto a la renta		58,50	128,35	216,80	342,37	468,47	564,80
Depreciación CIF		60,90	60,90	60,90	60,90	60,90	34,91
Depreciación gasto adm,		4,17	4,17	4,17	4,17	0,56	0,56
Amortización gasto adm,		2,37	2,37	2,37	2,37	2,37	2,37
Total egresos	1 076,32	1 600,02	2 306,60	3 053,20	4 479,56	5 522,28	6 279,54
Flujo de caja económico	-1 076,32	315,82	374,17	585,57	885,64	1 183,39	1 387,63
Saldo inicial de caja		1 076,32	1 392,14	1 766,31	2 351,87	3 237,51	4 420,90
Saldo final de caja	1 076,32	1 392,14	1 766,31	2 351,87	3 237,51	4 420,90	5 808,53

4.5.4.3 Presupuesto de estado de situación financiera

En la Tabla 48, se determinó el Estado de Situación Financiera del primer año, donde se tuvo las siguientes consideraciones:

- El efectivo y equivalente de efectivo es la suma del capital de trabajo (2021) y el flujo de caja económico (2022).
- El activo no corriente es la resta de los activos tangibles e intangibles con sus depreciaciones y amortizaciones de ese año.
- No hay cuentas por cobrar y pagar comerciales- terceros al final del año, debido a que, las políticas de la empresa dictaminan que los saldos por cobrar o pagar se deben efectuar antes del término de ese año.
- No existe deuda a largo ya que no existe préstamo bancario.
- El resultado del ejercicio es la utilidad neta obtenido en el estado de resultados.

Tabla 48

Estado de situación financiera del primer año en miles de soles

Activo		Pasivo y patrimonio	
Activo corriente		Pasivo corriente	
Efectivo y Equivalente de Efectivo	680,32	Cuentas por pagar comerciales -terceros	0,00
Cuentas por Cobrar Comerciales-Terceros	0,00	Impuestos por pagar	0,00
Total activo corriente	680,32	Total pasivo corriente	0,00
Activo no corriente		Pasivo no corriente	
Propiedad, Planta y Equipo	579,53	Deuda a largo plazo	0,00
Depreciación	-65,07	Total pasivo no corriente	0,00
Intangible	23,70	Total pasivo	0,00
Amortización	-2,37	Patrimonio	
Total activo no corriente	535,79	Capital	1 076,32
		Resultados del ejercicio	139,80
		Total patrimonio	1 216,12
Total activo	1 216,12	Total pasivo y patrimonio	1 216,12

4.5.5 Indicadores económicos de evaluación (VAN y TIR)

4.5.5.1 Cálculo de la tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR)

“La tasa mínima atractiva de rendimiento (TMAR) es una tasa de retorno razonable para evaluar y elegir una opción. Un proyecto no es económicamente viable a menos que se espere un rendimiento mayor a una TMAR” (Blank y Tarquin, 2012, p, 26). Es decir, es la tasa mínima que el inversionista desea ganar, y si después de realizar una evaluación económica el porcentaje de rendimiento es menor a la TMAR, el proyecto no se debe ejecutar.

Para hallar la tasa mínima aceptable de rendimiento se utilizó la siguiente ecuación:

$$TMAR = i + f + if \quad (8)$$

Donde:

i = inflación

f = premio al riesgo o tasa de rendimiento que desean los inversionistas

El premio al riesgo para el presente proyecto se consideró 12,5 %, ya que, es el promedio de la tasa de rendimiento en el mercado, y para el índice de inflación se calculó mediante el promedio de las proyecciones para los seis años del proyecto (2022-2027) con base a los 6 años anteriores (2016-2021), como se muestra en la Tabla 50 y Tabla 49 respectivamente.

Tabla 49

Índice de inflación del periodo 2016-2021

Año	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Inflación acumulada anual (%)	3,34	1,5	2,48	1,88	2,15	6,54

Tabla 50

Índice de inflación del periodo 2022-2027

Año	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Inflación acumulada anual (%)	4,72	5,21	5,71	6,20	6,70	7,20
100% + Inflación acum. anual	104,72	105,21	105,71	106,20	106,70	107,20
Inflación media anual (%)	5,95					

Entonces, reemplazamos los valores en la ecuación:

$$TMAR = 5,95 \% + 12,5 \% + 5,95 \% * 12,5 \%$$

$$TMAR = 19,20 \%$$

Mediante el resultado obtenido en el cálculo del TMAR, la tasa mínima aceptable de rendimiento para los accionistas será de 19,20 %, la misma que es superior a la tasa promedio (menor a 6 %) que otorgan las instituciones financieras a depósitos de plazo fijo, lo cual es muy atractivo para invertir en el negocio.

4.5.5.2 Cálculo del valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR)

El valor actual neto (VAN) es un indicador que sirve para medir la viabilidad del proyecto aplicando la diferencia entre los ingresos y los egresos de dinero descontando la inversión inicial que ocurre dentro de la vida del proyecto a una tasa de descuento fija. Para que un proyecto sea rentable el VAN debe ser mayor o igual a 0, caso contrario, el proyecto no es rentable.

La tasa interna de retorno (TIR) es un indicador de rentabilidad que mide la tasa de descuento de un proyecto de inversión que permite que el VAN sea igual a la inversión; es decir, que el VAN igual a 0. Si la TIR es mayor que el TMAR (COK) el proyecto es rentable para los inversionistas.

Para el presente proyecto de inversión en la Tabla 51 se tiene un VAN económico de S/ 1 211 884,85, el cual es mayor a 0 lo que significa que la inversión resulta viable. Respecto a la TIR económica se tiene una rentabilidad de 47 %, lo cual significa que es rentable para los inversionistas, además, supera el costo de oportunidad equivalente a 19,20 % (TMAR).

Tabla 51

Valor actual neto y tasa interna de retorno del proyecto

Periodo	Flujo	VAN
0	-1 076 319,41	-1 076 319,41
1	315 819,06	264 948,87
2	374 168,63	263 338,80
3	585 567,53	345 738,88
4	885 637,68	438 683,26
5	1 183 386,23	491 750,98
6	1 387 626,68	483 743,46
	VAN (S/)	1 211 884,85
	TIR (%)	47

5.5.2.1 Periodo de recuperación de la inversión (PRI)

El periodo de recuperación de la inversión es el tiempo estimado en que se recupera la inversión inicial. Existe dos tipos de análisis de periodo de recuperación una sin una tasa de rendimiento y la otra con una recuperación descontada (Blank y Tarquin, 2012). En este caso se determinó un rendimiento simple (sin tasa de rendimiento) y se calculó que en 2 años con 7 meses y 27 días se recuperará la inversión inicial.

Tabla 52

Periodo de recuperación de la inversión inicial

Periodo	Flujo económico	Flujo económico acumulado
0	-1 076 319,41	
1	315 819,06	315 819,06
2	374 168,63	689 987,68
3	585 567,53	1 275 555,21
4	885 637,68	2 161 192,89
5	1 183 386,23	3 344 579,12
6	1 387 626,68	4 732 205,80

Para hallar el periodo de recuperación se utiliza la siguiente ecuación:

$$PRI = a + \frac{I_0 - b}{Ft} \quad (9)$$

Donde:

a = número del periodo inmediatamente anterior hasta recuperar el desembolso inicial

I_0 = inversión inicial del proyecto

b = suma de los flujos hasta el final del periodo "a"

Ft = valor del flujo de caja del año en que se recupera la inversión

$$PRI = 2 + \frac{1\,076\,319,41 - 689\,987,68}{585\,567,53}$$

$$PRI = 2 \text{ años con 7 meses y 27 días}$$

5.6 Diseño del modelo piloto aplicando el coagulante-floculante moringa

5.6.1 Diseño del modelo piloto

Para dar cumplimiento a uno de los objetivos del presente trabajo se realizó el diseño de un filtro (a escala piloto) que consta de una conexión a una pileta comunitaria, de un tanque de agitación y sedimentación, de un filtro de arena, de un filtro de carbón activado y de un tanque de almacenamiento de agua tratada.

En este modelo se busca realizar el tratamiento de agua para consumo humano con la aplicación del coagulante-floculante moringa bajo los principios teóricos y prácticos descritos en el marco metodológico (Capítulo III).

Para el diseño se tuvieron las siguientes consideraciones:

- Capacidad aproximada de tratamiento 75 litros cada 6 horas (incluyendo la purga de lodos una vez al día).
- Capacidad de almacenamiento 150 litros.
- Población beneficiaria 10 familias (40 personas).

También, se realizaron cálculos para determinar las medidas de los siguientes componentes:

Tanque de agitación y sedimentación: Para el cálculo del diámetro correspondiente se utilizó la siguiente ecuación:

$$v_{cilindro} = A_{base} \times h \quad (10)$$

Donde:

D : diámetro (m)

h : altura (m)

v : volumen (m^3)

Si se contempla una altura total de 0,6 m con un margen de 0,10 m, para el cálculo de la altura se tomó la diferencia entre estas dos, entonces:

$$h = 0,50 \text{ m}; \quad v = 75 \text{ L} = 0,075 \text{ m}^3$$

$$v_{cilindro} = A_{base} \times h = \left(\frac{\pi D^2}{4} \right) h$$

$$0,075 = \frac{3,1416 \times D^2}{4} \times 0,50 \text{ m}$$

$$D = 0,35 \text{ m}$$

Filtro lento de arena: Para el cálculo de la altura correspondiente se utilizó la siguiente ecuación:

Relación:

$$\frac{h}{D} = 2,5(11); \quad D = 0,2 \text{ m}$$

Donde:

D : diámetro (m)

h : altura (m)

Reemplazamos:

$$\frac{h}{D} = h = 2,5D = 2,5(0,2 \text{ m}) = 0,5 \text{ m}$$

Tanque de almacenamiento: Para el cálculo del diámetro correspondiente se utilizó la ecuación 10:

$$v_{cilindro} = A_{base} \times h$$

Donde:

D : diámetro (m)

h : altura (m)

v : volumen (m^3)

Si:

$$h = 0,7 \text{ m}; \quad v = 150 \text{ L} = 0,15 \text{ m}^3$$

Entonces:

$$v_{cilindro} = A_{base} \times h = \left(\frac{\pi D^2}{4}\right) h$$

$$0,15 = \frac{3,1416 \times D^2}{4} \times 0,7 \text{ m}$$

$$D = 0,52 \text{ m}$$

5.6.2 Descripción técnica y mantenimiento del modelo piloto

Captación y conducción de agua: Se capta el agua de un grifo, similar al de los domicilios, ubicado en la plaza de cada localidad (Candarave, Talaca y San Pedro), mediante una manguera de 1" que conduce el agua hacia el primer tanque y de soporte se conecta una válvula solenoide para controlar el paso del agua.

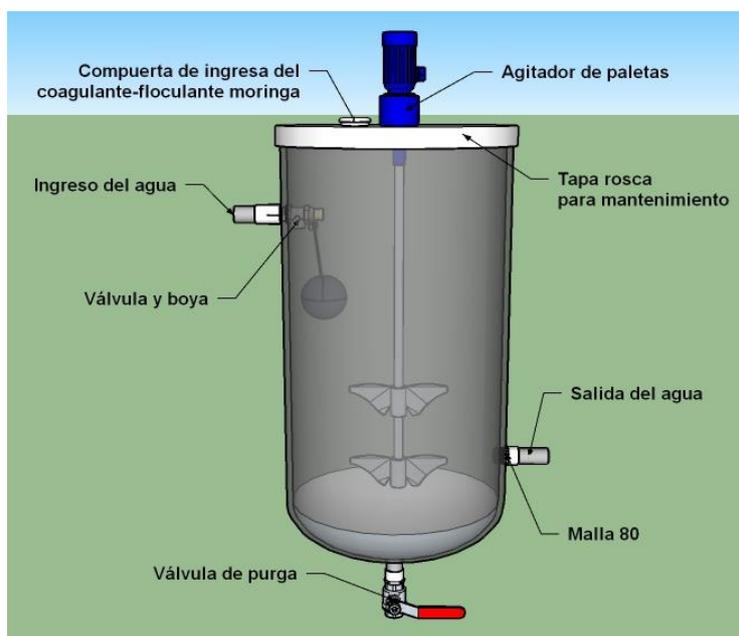
Tanque de agitación y sedimentación: Esta cisterna de material polietileno con un diámetro de 0,35 m y una altura de 0,60 m, receptiona el agua hasta que la boya, sujeta a una válvula de llenado sin fin, comience a flotar sobre ella. Una vez llenado el tanque empieza la agitación rápida (200 RPM) por 2 minutos y luego una agitación lenta (60 RPM) por 45 minutos.

Luego inicia la sedimentación por 133 minutos, terminada esta etapa, la compuerta de salida se abre para dar paso al agua tratada hacia el filtro lento de arena, pasando por una malla 80 y ayudado por una bomba presurizadora de 0,16 HP.

La purga de lodos se debe realizar por las tardes para que el sistema de tratamiento trabaje durante la noche. Al término de la purga se debe dosificar con la medida exacta para tratar 300 litros diarios (1,2 Kg de coagulante-floculante moringa equivalente a 6 scoops) a través de la compuerta ubicada en la parte superior del tanque.

Figura 16

Componentes del tanque de agitación y sedimentación

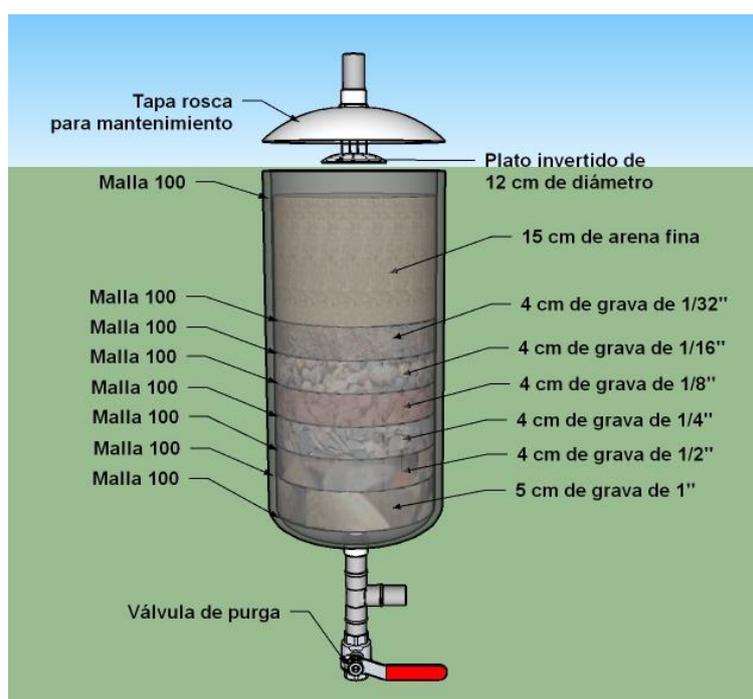


Prefiltro lento de arena: Esta cisterna de material polietileno con un diámetro de 0,20 m y una altura de 0,50 m, contiene un lecho filtrante de arena fina y grava de diferente granulometría, separada cada una por una malla 100, por donde fluye el agua tratada a baja velocidad gracias al plato invertido (con agujeros) de 12 cm de diámetro que rompe la presión del agua y la distribuye uniformemente por el filtro. Esta al entrar en contacto con las partículas del medio filtrante se forma una capa biológica en la superficie de la arena, reteniendo y destruyendo las impurezas y microorganismos patógenos presentes en el agua.

El agua filtrada, ayudado por una bomba presurizadora de 0,16 HP, pasa a un filtro de carbón activado para obtener agua clara, sin olor ni sabor.

Figura 17

Componentes del filtro lento de arena



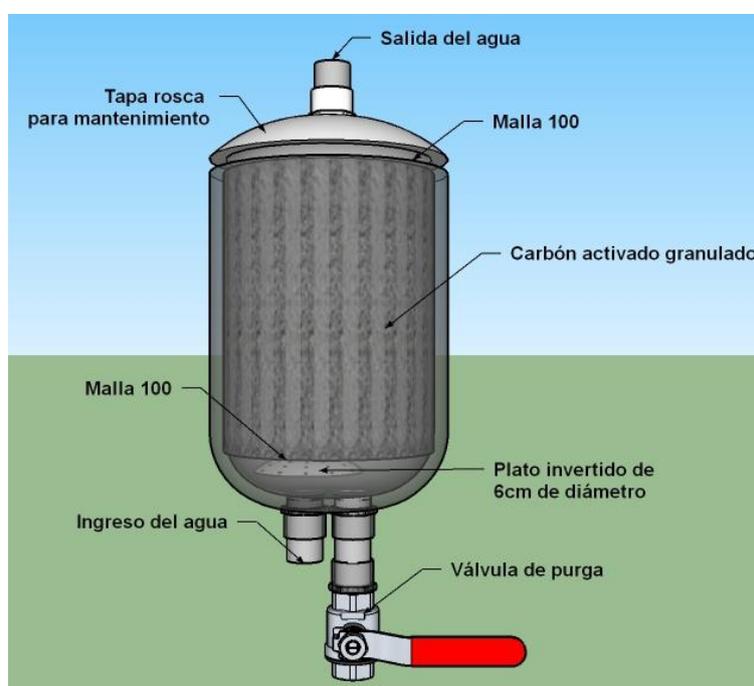
Filtro de carbón activado: Esta cisterna de material polietileno con un diámetro de 0,15 m y una altura de 0,25 m, contiene un lecho filtrante de carbón activado granulado que es retenido por una malla 100 en cada extremo del lecho filtrante para evitar que este tape las tuberías.

El carbón activado tiene como función absorber los contaminantes presentes en el agua, Los contaminantes se adhieren a la superficie del medio filtrante, eliminándolas del agua y obteniendo así, agua clara, sin olor ni sabor.

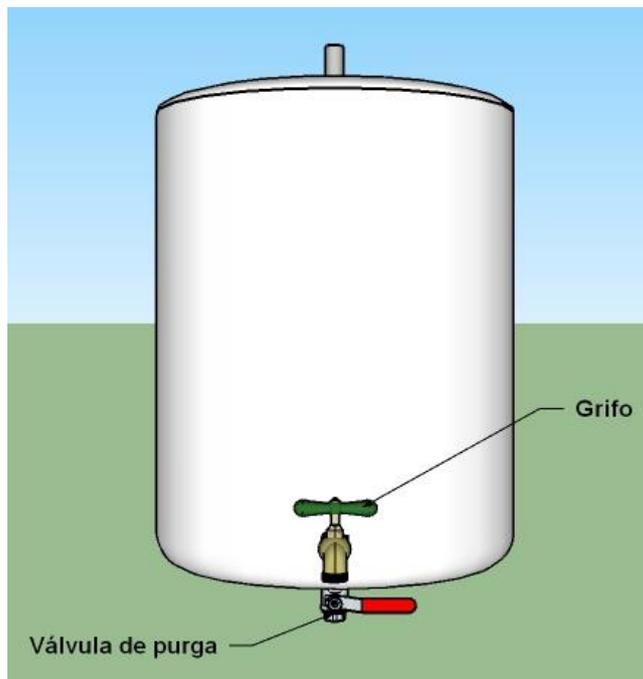
El agua fluye hacia arriba por la presión ejercida por una bomba presurizadora de 0,16 HP y para evitar que el agua pase por un solo punto se coloca un plato invertido (con agujeros) de 6 cm de diámetro con el fin de distribuir uniformemente el flujo de agua a través del medio filtrante.

Figura 18

Componentes del filtro de carbón activado

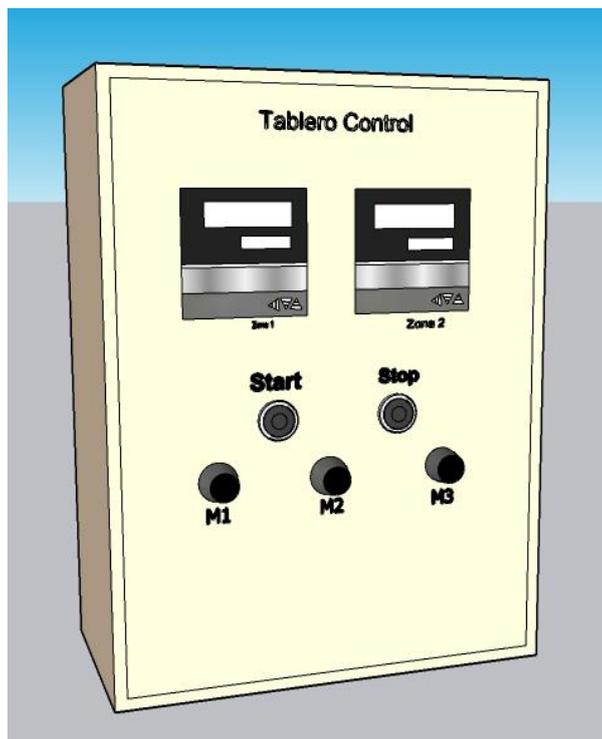


Tanque de almacenamiento: Esta cisterna de material polietileno con un diámetro de 0,52 m y una altura de 0,70 m con capacidad de almacenamiento de 150 litros, finalmente almacena el agua tratada por el sistema de tratamiento. Esta cisterna contiene una entrada para el agua tratada, un grifo por donde sale el agua apta para consumo humano, una válvula de purga y una compuerta para el mantenimiento.

Figura 19*Componentes del tanque de almacenamiento*

Tablero de control: El tablero de control incluye los siguientes componentes:

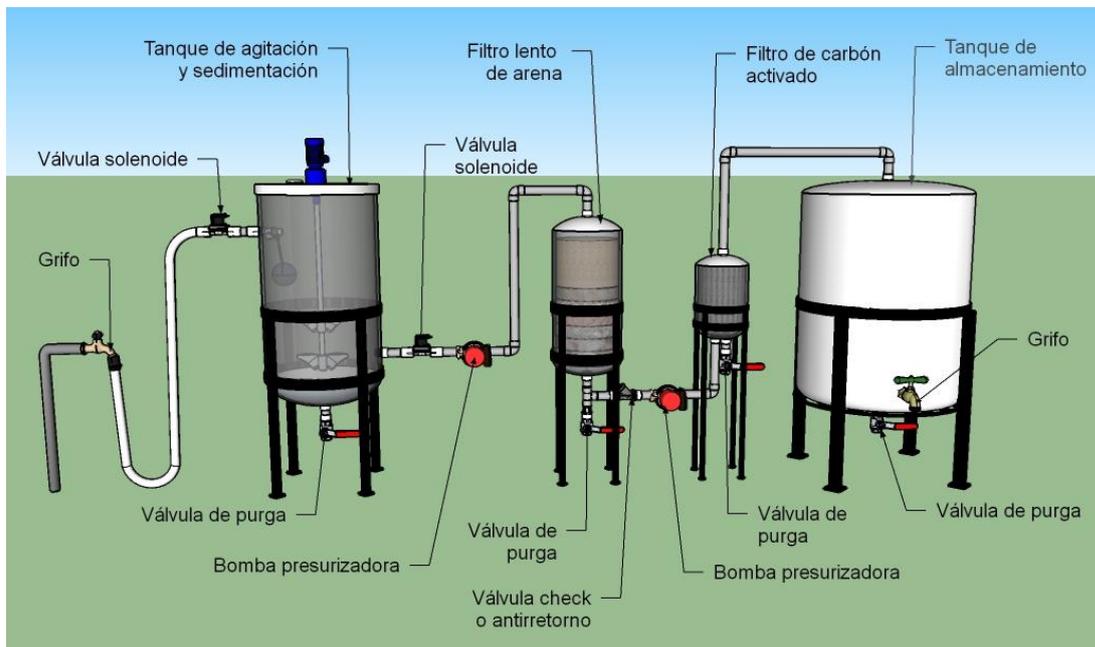
- *Sensores de nivel:* Incluye 2 sensores de nivel, uno indica si el tanque está lleno y el otro si está vacío.
- *Pulsadores:* Incluye 2 pulsadores, uno para encender el circuito y el otro para apagarlo.
- *Contactores:* Incluye 3 contactores que tienen la capacidad de cortar la corriente eléctrica con una carga de bajo voltaje y poder activar una carga de alto voltaje con una pequeña señal de control. El primer contactor (M1) acciona el agitador de paletas cuando el sensor de nivel indique que el tanque esté lleno, el segundo (M2) y tercer (M3) contactor accionan las bombas presurizadoras.
- *Bobinas de contactor:* Incluye 2 bobinas que controlan las válvulas selenoides.
- *Temporizador:* Controla el tiempo y la velocidad de agitación, y el momento en que se deben accionar los contactores y las bobinas de contactor.

Figura 20*Tablero de control*

Conexiones y accesorios: Para la conexión del tanque de tratamiento y el grifo (fuente de agua) se instaló una manguera de 1" y una válvula solenoide para que el flujo de agua vaya en un solo sentido y cierre el paso del agua hasta que el tanque esté vacío completamente (controlado por un sensor de nivel). A la salida del primer tanque se colocó otra válvula solenoide que impide el paso del agua mientras el tanque se esté llenando hasta finalizar el tiempo de sedimentación y a la vez, impide el retorno del agua mientras pasa al filtro lento de arena.

Para facilitar el flujo de agua entre cisternas, se instaló dos bombas presurizadoras de 0,16 HP, una entre el tanque de tratamiento y el filtro lento de arena y la otra entre el filtro lento de arena y el filtro de carbón activado. Además, entre los filtros también se colocó una válvula check o antirretorno. La conexión entre cisternas es mediante tubos de PVC de 1" de diámetro conectados por codos de PVC y, adaptadores macho y hembra.

La estructura de soporte será metálica y adecuada para el peso de cada tanque.

Figura 21*Vista interna del modelo piloto*

Para mantener en óptimas condiciones el sistema de tratamiento se debe hacer un mantenimiento trimestral a la parte eléctrica y funcionamiento de bombas, y un mantenimiento semestral para la limpieza general de los tanques que incluya el lavado de la arena y grava.

5.6.3 Costeo del modelo piloto

Luego de realizar las cotizaciones de los materiales y servicios requeridos en el armado del prototipo, se calculó que el costo de armar un sistema de tratamiento de agua equivale a S/ 3 505,50 (Tabla 53); para lo cual se debe coordinar con los representantes de los municipios donde se desea instalar el prototipo, ya que, en ellos recae el costo de instalación del sistema. Cabe resaltar que este diseño es un modelo piloto al cual se debe realizar mejoras para mejor funcionamiento.

En cuanto a la adquisición de los materiales, estos son fáciles de conseguir en ferreterías y tiendas de plásticos, asimismo, el tablero de control se puede armar según el requerimiento de cada cliente en la Galería Micaela Bastidas, ubicada en la ciudad de Tacna. Para el armado de la estructura se utilizará acero platina de 1"x1/8" y tubo cuadrado de 2".

En el caso de la arena, es importante que esta sea de tipo sílica, ya que garantiza el tamaño y la calidad adecuada para el filtro de tratamiento. Se puede observar que el componente más costoso es el agitador de paletas que podría reemplazarse con un agitador casero adecuado para 60 litros y que tenga una velocidad máxima de 250 RPM; con el objetivo de reducir el costo.

Para la instalación del equipo se requiere los servicios de un electricista, un gasfitero y un soldador, para ello, se hizo la cotización con personas especialistas en el campo.

Tabla 53

Costeo del prototipo del sistema de tratamiento de agua

Componentes	Cantidad	Precio unitario (S/)	Precio total (S/)
Cisterna de Ø = 0,4 m y h = 0,6 m	1	75,00	75,00
Cisterna de Ø = 0,2 m y h = 0,5 m	1	30,00	30,00
Cisterna de Ø = 0,15 m y h = 0,25 m	1	20,00	20,00
Cisterna de Ø = 0,52 m y h = 0,7 m	1	90,00	90,00
Manguera de 1" x 3 m	1	5,00	5,00
Válvula check o antiretorno 1"	1	70,00	70,00
Válvula y boya 1"	1	84,00	84,00
Válvula de purga 1"	2	40,00	80,00
Válvula solenoide 1"	2	70,00	140,00
Bomba presurizadora	2	335,00	670,00
Agitador de paletas	1	800,00	800,00
Tablero de control	1	400,00	400,00
Malla 80 (1 m x 1 m)	1	14,00	14,00
Malla 100 (1 m x1 m)	2	15,00	30,00
Plato invertido de Ø = 12 cm	1	5,00	5,00
Plato invertido de Ø = 6 cm	1	5,00	5,00
Arena para filtro y grava (Kg)	3	6,00	18,00
Carbón activado granulado (Kg)	10	39,00	390,00
Estructura metálica	1	200,00	200,00
Adaptador hembra 1"	3	3,50	10,50
Adaptador macho 1"	16	4,00	64,00
Grifo	1	30,00	30,00
Tubo PVC 1" x 5 m	1	34,00	34,00
Codo PVC 90° 1"	7	5,00	35,00
Tee PVC 1"	1	6,00	6,00
Instalación eléctrica			60,00
Instalación de equipo (gasfitería)			70,00
Armado de estructura metálica			70,00
Total			3 505,50

Si bien es cierto el filtro representa un costo elevado que quizá varias municipalidades pequeñas no podrían costear, en tal caso, una medida para reducir costos sería aumentar la capacidad de los tanques y así el sistema de tratamiento de agua para consumo humano podría beneficiar a más de 10 familias. De la misma manera, se podría adecuar según la cantidad de personas que habitan en cada localidad, ya que, en la etapa de recolección de muestras del presente proyecto se pudo observar localidades de menos de 10 familias.

CAPITULO V: DISCUSIÓN

Bajo el análisis teórico-práctico de Gupta et al, (2005) queda demostrado que hay un efecto de disminución del nivel de arsénico frente al coagulante-floculante moringa.

En la Tabla 54, podemos observar diferentes resultados obtenidos de estudios que se han realizado con coagulantes-floculantes naturales en la cual podemos observar que el mayor porcentaje de remoción ha sido de 90 % utilizando la pectina de maracuyá, pero con una concentración inicial de arsénico bajísimo (0,2 mg/L); los demás estudios varían entre 40 % y 72 % con concentraciones de arsénico mínimas, En comparación con estos estudios, esta investigación obtuvo mejores resultados (83 % a 97 % de remoción) con niveles de arsénico mucho mayores (0,6 a 1,0 mg/L); lo cual demuestra que la semilla de moringa tiene una capacidad mayor de absorción de arsénico.

Tabla 54

Estudios realizados con coagulantes-floculantes naturales

Tipo de coagulante	Concentración inicial/final (mg/L As)	Porcentaje de remoción (%)	Parámetros óptimos	Fuente
Pectina de maracuyá	0,20 – 0,02	90	Dosis: 1 g Tiempo: 150 y 270 min	Paredes (2012)
Cáscara de coco	0,11 – 0,0297	72	Dosis: 6 g Tiempo: 3 h	Fiestas y Millones (2019)
Cáscara de naranja	0,02903 – 0,01651	43,13	Dosis: 2 ml de solución de pectina al 1 %	
Cáscara de limón	0,02903 – 0,01716	40,89	Dosis: 2 ml de solución de pectina al 1 %	Laura (2018)
Cáscara de mandarina	0,02903 – 0,01636	43,64	Dosis: 1 ml de solución de pectina al 1 %	
Raíces de cebolla	0,1 – 0,033	67	Dosis: 150 g Tiempo: 6 días	Liñán (2016)
Plántulas de maíz	0,2 – 0,075	63	Longitud: 15 cm Tiempo: 10 días	Liñán (2017)

También existen diferentes tipos de coagulantes sintéticos que se han aplicado en diferentes estudios (Tabla 55), obteniendo un porcentaje de remoción mayor a 89 % en concentraciones de arsénico bajas (0,1 a 0,4 mg/L), Sin embargo, estos coagulantes son más económicos pero resultan perjudiciales para la salud a través del tiempo; por lo que se recomienda usar coagulantes naturales y sintéticos a la vez para disminuir los costos y las desventajas con relación a la salud (Pico Vargas, 2017).

Tabla 55*Estudios realizados con coagulantes-floculantes sintéticos*

Tipo de coagulante	Concentración inicial (mg/L As)	Porcentaje de remoción	Parámetros óptimos	Fuente
Dióxido de titanio	0,20	93 %	Dosis: 1 g Tiempo: 150 y 270 min	Paredes (2012)
Óxido-hidróxido de hierro	0,20	98 %	Dosis: 1 g Tiempo: 150 y 270 min	
FeCl ₃	0,23	98 %	Dosis: 45 mg/L Tiempo: 30 min	Coaquira y Ayros (2015)
Sulfato de aluminio tipo A	0,0958	89,14 %	Dosis: 120 mg/L Tiempo: 30 min	Pomalaza y Victoria (2016)
Fe ^o y ácido cítrico	0,37	96 %	Dosis: 1,6g de lana de acero (hierro) y 1,6 gotas de ácido cítrico Tiempo: 230 min	Zapana (2016)

Por lo tanto, se ha demostrado en este estudio y en otros que la propiedad de coagulación y floculación del polvo de la semilla de moringa es efectiva; ya que, se obtienen porcentajes de remoción mayores al 60 % para As (III) y 80 % para As (V) con concentraciones altas de arsénico. Sin embargo, en esta investigación se utilizó muestras de agua de consumo humano que contienen otros metales y microorganismos, mientras que, en los estudios mostrados en la Tabla 56 se utilizó agua sintética a la que adicionaron una concentración definida de arsénico.

Tabla 56*Estudios realizados con coagulante-floculante moringa*

Concentración inicial/final (mg/L As)	Porcentaje de remoción	Parámetros óptimos	Fuente
25 – 3,6 25 - 9,95	85,6 % [As (V)] 60,21 % [As (III)]	Dosis: 2 g Muestra: 200 mL Tiempo: 60 min pH [As (V)]: 2,5 pH [As (III)]: 7,5	Kumari et al, (2005)
1,025 – 0,183	82,11 %	Dosis: 1 g Tiempo: 1 h pH: 7,5	Hernández et al, (2017)

CONCLUSIONES

Se determinó que la concentración inicial de arsénico en el agua para consumo humano de las localidades de Talaca (1,062 mg/L As), Candarave (0,557 mg/L As) y San Pedro (0,683 mg/L As) superan el nivel permitido por la OMS (0,01 mg/L As); y al finalizar el tratamiento se obtuvo una concentración final de 0,1; 0,1 y 0,027 mg/L As respectivamente.

Se determinó que la dosis óptima es 4 g/L de coagulante-floculante moringa con un tiempo de remoción de 3 horas para las tres localidades, ya que, con estos parámetros se obtuvo el mayor porcentaje de remoción de arsénico en la localidad de Talaca (90 %), Candarave (83 %) y San Pedro (96 %).

Luego de haber realizado el estudio de mercado, se determinó que la demanda del proyecto se basa en cubrir el primer año la demanda local (Región Tacna) y los siguientes años abarcar las ciudades de Moquegua, Puno y Arequipa.

Para determinar la localización de planta, se hizo una evaluación de acuerdo al método de ranking de factores obteniendo como resultado que la mejor opción es la ciudad de Tacna debido a los factores de cercanía al mercado objetivo y reglamentaciones fiscales y legales que ofrece la zona franca de Tacna. Para determinar el tamaño de planta, se concluye que el tamaño de planta sea adecuado para producir 92 440 Kg de coagulante-floculante moringa y 39 700 L de aceite por año, y teniendo como punto de equilibrio producir 364 bidones de aceite y 37 sacos de coagulante-floculante moringa.

En el diseño del proceso de obtención de aceite y coagulante-floculante moringa se determinó la maquinaria y equipos necesarios para el proyecto incluyendo sus costos. Asimismo, se definió que el parámetro de control de temperatura en operaciones como prensado (menor a 50°C) y extrusado (menor a 120°C) puede afectar significativamente la calidad del aceite y coagulante-floculante moringa; y en la operación de molienda de la harina gruesa se debe controlar la granulometría que sea entre 200 y 300 μm .

Según la evaluación económica del proyecto bajo una tasa mínima de 19,20 % se obtiene un VAN de S/ 1 211 884,85 y un TIR de 47 % en un periodo de recuperación de 2 años con 7 meses y 27 días; concluyendo que el proyecto es económicamente rentable.

Se logró diseñar un modelo piloto de tratamiento de agua mediante la aplicación del coagulante-floculante moringa; el cual tiene una capacidad de purificar 300 L al día (equivalente para el consumo de 40 personas); sus componentes son fáciles de encontrar y su armado no requiere de un personal especializado; y su costo equivale a S/ 3 505,50.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar más estudios acerca del coagulante-floculante moringa que determinen su efectividad en la reducción de otros metales pesados (plomo, níquel, zinc, cromo y cadmio) aplicados dentro del país.

Si se desea aplicar esta investigación en otras zonas que tengan contaminación por arsénico se recomienda hacer un estudio previo para determinar la dosis y el tiempo de remoción óptimos, ya que, estas varían de acuerdo a la concentración de arsénico presente en el agua de cada lugar.

Se recomienda investigar si es posible combinar un coagulante natural con uno sintético, ya que, esto podría beneficiar la recuperación de lodos al finalizar el tratamiento de agua y a la vez, reducir los efectos adversos en la salud.

Respecto al prototipo del sistema de tratamiento de agua, se recomienda realizar mejoras en su estructura para mejorar su funcionamiento y reducir los costos de fabricación.

Se recomienda colaborar la ejecución del proyecto con instituciones no gubernamentales que busquen el beneficio de la población de las zonas rurales donde no cuentan con un sistema adecuado de tratamiento de agua para consumo humano.

Se recomienda realizar este estudio utilizando otros modelos estadísticos que abarquen mayor cantidad de muestreo y de forma aleatoria, utilizando muestras de agua de diferentes lugares para determinar una dosis y un tiempo de remoción uniforme.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia Agraria de Noticias, (7 de mayo de 2013), Avanza la producción de moringa en Perú, *Agraria.pe*, <https://agraria.pe/noticias/avanza-la-produccion-de-moringa-en-peru-4336#:~:text=Datos-,,cuando%20finaliza%20su%20vida%20%C3%BAtil>
- Agency of Toxicology and Environmental, (1 de octubre de 2009), *Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades*, Recuperado el 10 de Marzo de 2020 y de <https://www.atsdr.cdc.gov/es/csem/arsenic/>
- Alarcón, M., Leal, L., Martín, I., Miranda, S, y Benavides, A, (2013), *Arsénico en agua, Presencia, cuantificación, analítica y mitigación*, Centro de Investigación en Materiales Avanzado, ISBN 978-607-8272-14-3
- Amnistía Internacional, (21 de marzo de 2019), *Día mundial del agua: Miles de personas en el Perú consumen agua contaminada con metales como cadmio, arsénico, mercurio y plomo*, Amnistía Internacional: Perú, <https://amnistia.org.pe/noticia/dia-agua-metales-toxicos/?fbclid=IwAR05NSnuKhKbly88v0VQEF2V00wQ6I25-dYMhUNEDJjCml4lhmcnJg5fC0>
- Andía, Y, (2000), *Tratamiento de agua: coagulación y floculación*, <http://www.ingenieroambiental.com/4014/andia.pdf>
- Aremu, A, y Akintola, A, (2014), Effects of some drying methods on nutritional characteristics of moringa (*Moringa Oleífera*) seeds, *International Conference on Biotechnology and Environment Management*, 75(12), 66-72, <https://doi.org/10.7763/IPCBEE,2014,V75,12>
- Ayros Carpio, E, y Coaquira Larico, A, (2015), *Optimización del proceso de coagulación-floculación para la eliminación de arsénico en la planta de tratamiento de agua potable Hernán Perochena - Mollendo*, [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín], Repositorio Institucional - Universidad Nacional de San Agustín,

- Azabache Liza, Y, (2017), *Efecto del proceso de coagulación floculación, en la remoción del hierro (II), presente en las aguas de la quebrada Juningullo, Moyobamba*, [Tesis de doctorado, Universidad Nacional de San Martín], Repositorio Institucional - Universidad Nacional de San Martín,
- Bequer, P, (2016), *Purificación de agua con Moringa*, <http://www.serresiliente.org/herramientas/6.Tecnologias/moringa.pdf>
- Blank, L, y Tarquin, A, (2012), *Ingeniería Económica* (7ª ed.), McGraw-Hill, <https://doi.org/978-607-15-0761-7>
- Díaz, B., Jarufe, B, y Noriega, M, (2014), *Disposición de planta* (2ª ed.), Fondo Editorial, <https://doi.org/978-9972-45-197-3>
- Dirección Regional de Salud de Tacna, (2019), *Vigilancia de calidad de agua – Tacna*, [Diapositiva de Power Point],
- Dirección zonal Lambayeche [Agrorural], (23 de marzo de 2011), *Cultivo de la moringa en Lambayeque - MINAG - AGRORURAL* [Video], Youtube, <https://www.youtube.com/watch?v=A9t6K1rC4eY>
- Espinoza, R, (10 de octubre de 2018), *Cáncer de pulmón es el segundo con más muertes en Perú*, Ojo, <https://ojo.pe/mujer/salud/cancer-de-pulmon-es-el-segundo-con-mas-muertes-en-peru-263718-noticia/>
- Feenstra, L., Van Erkel, J, y Vasak, L, (2007), *Arsenic in groundwater: Overview and evaluation of removal methods*, (Informe n° SP 2017-2), International Groundwater Resources Assessment Centre, https://www.igrac.org/sites/default/files/resources/files/IGRAC-SP2007-2_Arsenic-removal.pdf
- Fiestas Eca, M, y Millones Ñiquen, A, (2019), *Influencia de la concentración y el tiempo de contacto del carbón activado de cáscara de coco en la remoción de arsénico de aguas subterráneas de Mórrope*, [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo], Repositorio Institucional - Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo,

- Folkard, G, y Sutherland, J, (1996), Moringa oleífera un árbol con enormes potencialidades, *Agroforestry Today*, 8(3), 5-8, https://www.fao.org/3/x6324s/x6324s.pdf?fbclid=IwAR0H5CfOLCGZFulLJqvWCkyi1JgUKswQF4pWetCr6_CKqV_4hnF5pthNXLo
- García Salgado, S, (2013), *Estudios de especiación de arsénico y acumulación de metales en muestras de interés medioambiental*, [Tesis de doctorado, Universidad Politécnica de Madrid], Repositorio Institucional - Universidad Politécnica de Madrid,
- Gonzales Obando, D, (20 de enero de 2019), Moringa: Magia India en el Perú, *El Comercio*, <https://elcomercio.pe/eldominical/magia-india-peru-noticia-598878-noticia/>
- Gupta, R., Kannan, G., Sharma, M, y Flora, S, (2005), Therapeutic effects of Moringa Oleífera on arsenic - induced toxicity in rats, *Environmental toxicology and pharmacology*, 20, 456-464, <https://doi.org/10.1016/j.etap.2005.05.005>
- Hablemosdeflores, (s,f.), *Moringa: Historia, características, beneficios, efectos y mucho más*, Hablemosdeflores.com, <http://hablemosdeflores.com/moringa/>
- Hernández , M., Rivas, H, y Ventura, G, (2017), *Evaluación de la efectividad de la semilla Teberinto (moringa oleífera lam,) como método de remoción de arsénico y plomo en agua para consumo humano*, [Tesis de pregrado, Universidad de El Salvador], Repositorio Institucional - Universidad de El Salvador,
- Horngren, C., Datar, S, y Rajan, M, (2012), *Contabilidad de costos: Un enfoque gerencial* (14ª ed.), Pearson, <https://doi.org/978-607-32-1024-9>
- Hurtado de Barrera, J, (2015), *El proyecto de investigación: Comprensión holística de la metodología y la investigación* (8ª ed.), Sypal, <https://doi.org/978-95844-3440-1>
- Hutchinson, J, (1887), Arsenic cancer, *Br Med J*, 2, 1280-1281,
- Hutchinson, J, (1888), On some examples of arsenic-kerasotes of the skin and arsenic cancer, *Trans Pathol Soc*, 39, 352-363,

Instituto Nacional de Calidad (INACAL), (2014), *Norma Técnica Peruana 214,003:1987 (revisada el 2014): Agua potable, Requisitos,*

Instituto Nacional de Estadística e Informática, (2020), *Perú: Formas de acceso al agua y saneamiento básico,* INEI, https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin_agua_junio2020.pdf

Instituto Nacional del Cáncer - EE,UU, (20 de marzo de 2015), *Sustancias en el ambiente que causan cáncer,* NIH, Recuperado el 20 de abril de 2020 de <https://www.cancer.gov/espanol/cancer/causas-prevencion/riesgo/sustancias/arsenico>

Jiménez Aristizábal, D, y Lemos Genes, C, (2018), *Establecimiento de condiciones óptimas de operación, basadas en dosificaciones diferenciadas de coagulante y floculante para reducir los niveles de arsénico (As) en el proceso convencional de potabilización de agua, en la minería del sur de Perú,* [Tesis de maestría, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas], Repositorio Institucional - Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas,

Kumari, P.,, Sharma, P.,, Srivastava, S, y Srivastava, M, (8 de octubre de 2005), *Arsenic removal from the aqueous system using plant biomass: a bioremedial approach,* *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology,* 32(11-12), 521-526, <https://doi.org/10.1007/s10295-005-0042-7>

Laura Ticona, V, (2018), *Estudio de la determinación de la actividad floculante en aguas provenientes del río Chili conteniendo As, Pb y Cr tratados con pectina obtenidos a partir de la cáscara de naranja, limón y mandarina,* [Tesis de maestría, Universidad Nacional San Agustín], Repositorio Institucional - Universidad Nacional San Agustín,

Liñán Abanto , R, (2017), *Disminución de los niveles de arsénico por Zea mays bajo condiciones de laboratorio, Tacna - 2016,* [Tesis de pregrado, Universidad

- Nacional Jorge Basadre Grohmann], Repositorio Institucional - Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann,
- Liñán Abanto, R, (2016), Remoción de arsénico en agua por raíces de cebolla, *Allium cepa*, bajo condiciones de laboratorio, *Rebiol*, 36(2), 27-32, <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/facccbiol/article/view/1702/1679>
- Medina-Pizzali, M., Robles, P.,, Mendoza, M, y Torres, C, (2018), Ingesta de arsénico: el impacto en la alimentación y la salud humana, *Scielo*, 35(1), <http://dx.doi.org/10.17843/rpmesp.2018.351.3604>
- Ministerio de Salud, (2010), *Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano*, <http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/1590.pdf>
- Morales Avelino, F., Méndez Novelo, R, y Tamayo Dávila, M, (2009), Tratamiento de aguas residuales de rastro mediante semillas de Moringa Oleífera Lam como coagulante, *Tropical And Subtropical Agroecosystems*, 10(3), 523-529, ISSN: 1870-0462
- Organización Mundial de la Salud (OMS), (2011), Guías para la calidad del agua de consumo humano (4ª ed.), *World Health Organization*, <https://doi.org/978-92-4-354995-8>
- Organización Mundial de la Salud (OMS), (15 de febrero de 2018), *Arsénico*, OMS, Recuperado el 27 de noviembre de 2019 de <http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/arsenic>
- Paredes Ramírez, J, L, (2012), *Remoción de arsénico del agua para uso y consumo humano mediante diferentes materiales de adsorción*, [Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México], Repositorio Institucional - Universidad Nacional Autónoma de México,
- Parrotta J,A, citado por Núñez Ponce, E, (2007), *Validación de la efectividad de la semilla de Moringa oleífera como coagulante natural del agua, destinada al consumo humano, Morocelí, Honduras*, [Tesis de pregrado, Universidad Agrícola Panamericana], Repositorio Institucional - Universidad Agrícola Panamericana,

- Pérez, L, (, (s,f,)), *Coagulación, floculación y separación*, Sustainable Sanitation and Water Management Toolbox, Recuperado el 15 de mayo de 2020 de <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de-agua-y-saneamiento/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/coagulaci%C3%B3n-floculaci%C3%B3n-y-separaci%C3%B3n>
- Pico Vargas, M, (31 de Mayo de 2017), *Evaluación de la concentración óptima de semillas trituradas de Moringa Oleífera Lam,, en el proceso de coagulación-floculación en comparación con el Sulfato de Aluminio*, [Tesis de pregrado, Universidad San Francisco de Quito], Repositorio Institucional - Universidad San Francisco de Quito,
- Pomalaza Bacilio, F, y Victoria Rivera, M, (2016), *Optimización del método de coagulación-floculación para la remoción de arsénico de fuentes de agua potable empleando sulfato de aluminio tipo A*, [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro de Perú], Repositorio Institucional - Universidad Nacional del Centro de Perú,
- Ramirez, F, (30 de setiembre de 2020), *La coagulación – floculación en el proceso de tratamiento*, El Agua Potable, Recuperado el 18 de abril de 2020 de <http://www.elaguapotable.com/coagulacion-floculacion,htm>
- Reddy, D,, Ramana, D,, Sessaiah, K, y Reddy, A, (1 de marzo de 2011), Biosorption of Ni (II) from aqueous face phase by M, oleífera bark, a low cost biosorbent, *Desalination*, 268(1-3), 150-157, <https://doi.org/10.1016/j.desal.2010.10.011>
- Rondon Macías, M,, Diaz Dominguez, Y,, Rodríguez Muñoz, S,, Guerra Álvarez, B,, Fernández Santana, E, y Tabio García, D, (29 de abril de 2017), Empleo de semillas de Moringa Oleífera en el tratamiento de residuales líquidos, *Scielo*, 15(2), ISSN 1680-0338
- Rosales, V,, Casanova , L,, De la Cruz, G, y Bautista, J, (3 de setiembre de 2019), Usos y potencialidades de Moringa Oleífera Lam: promotor de bienestar social, *Agroproductividad*, 12(9), 23-27, <https://doi.org/10.32854/agrop.v12i9.1375>

- Shinomol, G, K., Bhanu, R, K., Deepa, N., Pooja Sheregar, C., Ashwini, T, S, y Das, S, (diciembre de 2016), A study on the potencial of Moringa leaf and bark extract in bioremediation of heavy metals from water collected from various lakes in Bangalore, *Elsevier*, 35, 869-880, <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.07.104>
- Silva, M., Cibej, F., Salvá, B., Guevara, A, y Pascual, G, (30 de abril de 2018), Efecto del desamargado de la torta de semilla de moringa (*Moringa oleífera*) sobre su composición proximal y su perfil nutricional y toxicológico, *Scientia Agropecuaria*, 9(2), 247-257, <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.02.10>
- Smith, A., Lingas, E, y Rahman, M, (2000), Contamination of drinking-water by arsenic in Bangladesh: a public health emergency, *Bulletin of the World Health Organization*, 78(9), 1093-1103,
- Zambrano, R., González , L., Aranguré, F., Espinosa, M, y Paredes, J, (enero-marzo de 2011), ¿Arsénico en Nayarit?, *Fuente*, 6, ISSN: 2007-0713,
- Zapana, R, (2016), *Estudio de remoción de arsénico del agua del río Sama - Tacna, empleando Fe° y ácido cítrico, 2014*, [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Jorge Basadre Grohmann], Repositorio Institucional - Universidad Nacional de Jorge Basadre Grohmann,

ANEXOS

Anexo 1. Certificado de análisis del kit de arsénico Quantofix Arsen 50

20/11/2019

Analysezertifikate

MACHEREY-NAGEL



Certificado de Análisis de

Información del Producto

Producto: **QUANTOFIX[®] Arsen 50**

ÁRBITRO: 91332

Gradación: 0-0,05-0,1-0,5-1,0-1,7-3,0 mg / l Como ^{3+ / 5+}

MUCHO: 332937

Fecha de caducidad: 2022-04-30

Confirmación

Por la presente confirmamos que el producto mencionado anteriormente ha pasado con éxito nuestro sistema de control de calidad de acuerdo con ISO 9001 y cumple con los criterios de calidad específicos.



Fecha de examinación: 18.09.2019

Este documento ha sido producido electrónicamente y es válido sin firma.



MACHEREY-NAGEL GmbH & Co. KG · Neumann-Neander-Str. 6-8 · 52355 Düren · Germany

DE/international: CH: FR: US:

Tel.: +49 24 21 969-0 Tel.: +41 62 388 55 00 Tel.: +33 388 68 22 68 Tel.: +1 484 821 0984

Fax: +49 24 21 909-199 Fax: +41 62 388 55 05 Fax: +33 388 51 76 88 Fax: +1 484 821 1272

E-mail: info@mn-net.com E-mail: sales-ch@mn-net.com E-mail: sales-fr@mn-net.com E-mail: sales-us@mn-net.com

www.mn-net.com

Anexo 2. Resultados de laboratorio del análisis de arsénico

	LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-055	
		Registro N° LE-055
INFORME DE ENSAYOS N° 0432- 2020 PÁGINA 1 DE 8		
SOLICITANTE	: VERONICA CECILIA GUTIERREZ VALDIVIA	
DIRECCIÓN	: URB. CAPLINA G-15 - TACNA	
PRODUCTO DECLARADO	: AGUA POTABLE	
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	: Líquido ligeramente turbio	
CODIFICACIÓN / MARCA	: Ver detalle de codificación en hoja de resultados.	
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE	: Ninguno	
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA	: 30 muestras de 500mL aprox.	
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN	: En envases de polietileno cerrados. En contenedor isotérmico a una temperatura de 6.0°C.	
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	: Recibida en el Laboratorio (Envases Proporcionados)	
CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA	: Ninguna (por ser muestra única)	
FECHA PRODUCCIÓN	: No especificada	
FECHA DE VENCIMIENTO	: No especificada	
CONTRATO N°	: 0144-2020	
FECHA DE RECEPCIÓN	: 31/01/2020	
CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:		
· El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado , según sea el caso.		
· No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.		
· En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente (Muestra recibida en laboratorio), BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas, los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió.		
· En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS , la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.		
· Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.		
· El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.		
· BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento.		
· El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.		
· Está terminantemente prohibida la reproducción parcial de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.		
· Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.		
PRP-06-F-05-JE Versión: 01 Fecha de Emisión: 27/03/19 Elaborado por: GT / Revisado por: CAC / Aprobado por : GG Página 1 de 8		
Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110 e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com		

INFORME DE ENSAYOS N° 0432- 2020
PÁGINA 2 DE 8
RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA POTABLE Cód: M1-001 - Procedencia: Distrito de Candarave - Fecha y hora de muestreo: 26/01/2020 13:10hrs. - Obs: Agua limpia	UNIDADES
FQ	Elemento As	0.557	mg/L

 ABREVIATURAS :
 mg/L

: Miligramos por litro

 MÉTODOS UTILIZADOS :
 Elemento As

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000. Method 3114-C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method. 23rd Ed. 2017.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA POTABLE Cód: M2-002 - Procedencia: Anexo Talaca - Fecha y hora de muestreo: 26/01/2020 12:18hrs. - Obs: Agua limpia	UNIDADES
FQ	Elemento As	1.062	mg/L

 ABREVIATURAS :
 mg/L

: Miligramos por litro

 MÉTODOS UTILIZADOS :
 Elemento As

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000. Method 3114-C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method. 23rd Ed. 2017.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA POTABLE Cód: M3-SP-41 - Procedencia: C.P. San Pedro - Fecha y hora de muestreo: 26/01/2020 10:40hrs. - Obs: Agua tratada con moringa.	UNIDADES
FQ	Elemento As	0.100	mg/L

 ABREVIATURAS :
 mg/L

: Miligramos por litro

 MÉTODOS UTILIZADOS :
 Elemento As

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000. Method 3114-C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method. 23rd Ed. 2017.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA POTABLE Cód: M4-SP-61 - Procedencia: C.P. San Pedro - Fecha y hora de muestreo: 26/01/2020 10:40hrs. - Obs: Agua tratada con moringa.	UNIDADES
FQ	Elemento As	0.079	mg/L

 ABREVIATURAS :
 mg/L

: Miligramos por litro

 MÉTODOS UTILIZADOS :
 Elemento As

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000. Method 3114-C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method. 23rd Ed. 2017.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA POTABLE Cód: M5-SP-21 - Procedencia: C.P. San Pedro - Fecha y hora de muestreo: 26/01/2020 10:42hrs. - Obs: Agua tratada con moringa.	UNIDADES
FQ	Elemento As	0.308	mg/L

 ABREVIATURAS :
 mg/L

: Miligramos por litro

 MÉTODOS UTILIZADOS :
 Elemento As

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000. Method 3114-C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method. 23rd Ed. 2017.

INFORME DE ENSAYOS N° 0432 - 2020
PÁGINA 3 DE 8
RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA POTABLE Cód: M6-T-21 - Procedencia: Anexo Talaca - Fecha y hora de muestreo: 26/01/2020 12:20hrs. - Obs: Agua tratada con moringa.	UNIDADES
FQ	Elemento As	0.135	mg/L

 ABREVIATURAS :
 mg/L

: Miligramos por litro

 MÉTODOS UTILIZADOS :
 Elemento As

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3114-C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method. 23rd Ed. 2017.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA POTABLE Cód: M7-T-41 - Procedencia: Anexo Talaca - Fecha y hora de muestreo: 26/01/2020 12:20hrs. - Obs: Agua tratada con moringa.	UNIDADES
FQ	Elemento As	0.429	mg/L

 ABREVIATURAS :
 mg/L

: Miligramos por litro

 MÉTODOS UTILIZADOS :
 Elemento As

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3114-C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method. 23rd Ed. 2017.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA POTABLE Cód: M8-003 - Procedencia: C.P. San Pedro - Fecha y hora de muestreo: 28/01/2020 10:38hrs. - Obs: Agua limpia	UNIDADES
FQ	Elemento As	0.683	mg/L

 ABREVIATURAS :
 mg/L

: Miligramos por litro

 MÉTODOS UTILIZADOS :
 Elemento As

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3114-C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method. 23rd Ed. 2017.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA POTABLE Cód: M9-T-61 - Procedencia: Anexo Talaca - Fecha y hora de muestreo: 26/01/2020 12:22hrs. - Obs: Agua tratada con moringa.	UNIDADES
FQ	Elemento As	0.356	mg/L

 ABREVIATURAS :
 mg/L

: Miligramos por litro

 MÉTODOS UTILIZADOS :
 Elemento As

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3114-C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method. 23rd Ed. 2017.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA POTABLE Cód: M10-C-21 - Procedencia: Distrito Candarave - Fecha y hora de muestreo: 26/01/2020 13:12hrs. - Obs: Agua tratada con moringa.	UNIDADES
FQ	Elemento As	0.462	mg/L

 ABREVIATURAS :
 mg/L

: Miligramos por litro

 MÉTODOS UTILIZADOS :
 Elemento As

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3114-C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method. 23rd Ed. 2017.

INFORME DE ENSAYOS N° 0432-2020
PÁGINA 4 DE 8
RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA POTABLE Cód: M11-C-41 - Procedencia: Distrito Candarave - Fecha y hora de muestreo: 26/01/2020 13:12hrs. - Obs: Agua tratada con moringa.	UNIDADES
FQ	Elemento As	0.358	mg/L

 ABREVIATURAS :
 mg/L

: Miligramos por litro

 MÉTODOS UTILIZADOS :
 Elemento As

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000. Method 3114-C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method. 23rd Ed. 2017.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA POTABLE Cód: M12-C-61 - Procedencia: Distrito Candarave - Fecha y hora de muestreo: 26/01/2020 13:14hrs. - Obs: Agua tratada con moringa.	UNIDADES
FQ	Elemento As	0.688	mg/L

 ABREVIATURAS :
 mg/L

: Miligramos por litro

 MÉTODOS UTILIZADOS :
 Elemento As

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000. Method 3114-C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method. 23rd Ed. 2017.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA POTABLE Cód: M13-SP-23 - Procedencia: C.P. San Pedro - Fecha y hora de muestreo: 26/01/2020 10:42hrs. - Obs: Agua tratada con moringa.	UNIDADES
FQ	Elemento As	0.104	mg/L

 ABREVIATURAS :
 mg/L

: Miligramos por litro

 MÉTODOS UTILIZADOS :
 Elemento As

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000. Method 3114-C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method. 23rd Ed. 2017.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA POTABLE Cód: M14-SP-43 - Procedencia: C.P. San Pedro - Fecha y hora de muestreo: 26/01/2020 10:44hrs. - Obs: Agua tratada con moringa.	UNIDADES
FQ	Elemento As	0.049	mg/L

 ABREVIATURAS :
 mg/L

: Miligramos por litro

 MÉTODOS UTILIZADOS :
 Elemento As

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000. Method 3114-C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method. 23rd Ed. 2017.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA POTABLE Cód: M15-SP-63 - Procedencia: C.P. San Pedro - Fecha y hora de muestreo: 26/01/2020 10:44hrs. - Obs: Agua tratada con moringa.	UNIDADES
FQ	Elemento As	0.039	mg/L

 ABREVIATURAS :
 mg/L

: Miligramos por litro

 MÉTODOS UTILIZADOS :
 Elemento As

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000. Method 3114-C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method. 23rd Ed. 2017.

INFORME DE ENSAYOS N° 0432-2020
PÁGINA 5 DE 8

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA POTABLE Cód: M16-T-23 - Procedencia: Anexo Talaca - Fecha y hora de muestreo: 26/01/2020 12:22hrs. - Obs: Agua tratada con moringa.	UNIDADES
FQ	Elemento As	0.407	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento As Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3114-C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method. 23rd Ed. 2017.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA POTABLE Cód: M17-T-43 - Procedencia: Anexo Talaca - Fecha y hora de muestreo: 26/01/2020 12:24hrs. - Obs: Agua tratada con moringa.	UNIDADES
FQ	Elemento As	0.369	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento As Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3114-C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method. 23rd Ed. 2017.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA POTABLE Cód: M18-T-63 - Procedencia: Anexo Talaca - Fecha y hora de muestreo: 26/01/2020 12:24hrs. - Obs: Agua tratada con moringa.	UNIDADES
FQ	Elemento As	0.352	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento As Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3114-C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method. 23rd Ed. 2017.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA POTABLE Cód: M19-SP-22 - Procedencia: C.P. San Pedro - Fecha y hora de muestreo: 26/01/2020 10:46hrs. - Obs: Agua tratada con moringa.	UNIDADES
FQ	Elemento As	0.496	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento As Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3114-C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method. 23rd Ed. 2017.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA POTABLE Cód: M20-SP-42 - Procedencia: C.P. San Pedro - Fecha y hora de muestreo: 28/01/2020 10:46hrs. - Obs: Agua tratada con moringa.	UNIDADES
FQ	Elemento As	0.589	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento As Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3114-C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method. 23rd Ed. 2017.

INFORME DE ENSAYOS N° 0432- 2020
PÁGINA 6 DE 8
RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA POTABLE Cód: M21-SP-62 - Procedencia: C.P. San Pedro - Fecha y hora de muestreo: 26/01/2020 10:48hrs. - Obs: Agua tratada con moringa.	UNIDADES
FQ	Elemento As	0.637	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento As Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3114-C, Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method, 23rd Ed. 2017.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA POTABLE Cód: M22-C-22 - Procedencia: Distrito Candarave - Fecha y hora de muestreo: 26/01/2020 13:14hrs. - Obs: Agua tratada con moringa.	UNIDADES
FQ	Elemento As	0.543	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento As Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3114-C, Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method, 23rd Ed. 2017.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA POTABLE Cód: M23-C-42 - Procedencia: Distrito Candarave - Fecha y hora de muestreo: 26/01/2020 13:16hrs. - Obs: Agua tratada con moringa.	UNIDADES
FQ	Elemento As	0.610	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento As Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3114-C, Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method, 23rd Ed. 2017.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA POTABLE Cód: M24-C-62 - Procedencia: Distrito Candarave - Fecha y hora de muestreo: 26/01/2020 13:16hrs. - Obs: Agua tratada con moringa.	UNIDADES
FQ	Elemento As	0.672	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento As Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3114-C, Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method, 23rd Ed. 2017.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA POTABLE Cód: M25-C-23 - Procedencia: Distrito Candarave - Fecha y hora de muestreo: 26/01/2020 13:18hrs. - Obs: Agua tratada con moringa.	UNIDADES
FQ	Elemento As	0.504	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento As Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3114-C, Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method, 23rd Ed. 2017.

INFORME DE ENSAYOS N° 0432- 2020
PÁGINA 7 DE 8

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA POTABLE Cód: M26-C-43 - Procedencia: Distrito Candarave - Fecha y hora de muestreo: 26/01/2020 13:18hrs. - Obs: Agua tratada con moringa.	UNIDADES
FQ	Elemento As	0.477	mg/L

ABREVIATURAS :
mg/L

: Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :
Elemento As

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3114-C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method, 23nd Ed. 2017.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA POTABLE Cód: M27-C-63 - Procedencia: Distrito Candarave - Fecha y hora de muestreo: 26/01/2020 13:20hrs. - Obs: Agua tratada con moringa.	UNIDADES
FQ	Elemento As	0.557	mg/L

ABREVIATURAS :
mg/L

: Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :
Elemento As

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3114-C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method, 23nd Ed. 2017.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA POTABLE Cód: M28-T-22 - Procedencia: Anexo Talaca - Fecha y hora de muestreo: 26/01/2020 12:26hrs. - Obs: Agua tratada con moringa.	UNIDADES
FQ	Elemento As	0.602	mg/L

ABREVIATURAS :
mg/L

: Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :
Elemento As

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3114-C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method, 23nd Ed. 2017.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA POTABLE Cód: M29-T-42 - Procedencia: Anexo Talaca - Fecha y hora de muestreo: 26/01/2020 12:26hrs. - Obs: Agua tratada con moringa.	UNIDADES
FQ	Elemento As	0.532	mg/L

ABREVIATURAS :
mg/L

: Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :
Elemento As

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3114-C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method, 23nd Ed. 2017.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA POTABLE Cód: M30-T-62 - Procedencia: Anexo Talaca - Fecha y hora de muestreo: 26/01/2020 12:28hrs. - Obs: Agua tratada con moringa.	UNIDADES
FQ	Elemento As	0.567	mg/L

ABREVIATURAS :
mg/L

: Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :
Elemento As

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3114-C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method, 23nd Ed. 2017.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-055

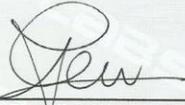


Registro N° LE-055

INFORME DE ENSAYOS N° 0432- 2020
PÁGINA 8 DE 8

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 31/01/2020 al 01/02/2020
FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS 03/02/2020




Bigo. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe



BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio



INFORME DE ENSAYOS N° 0729- 2020

PÁGINA 1 DE 2

SOLICITANTE	: VERONICA CECILIA GUTIERREZ VALDIVIA
DIRECCIÓN	: URB. CAPLINA G-15 - TACNA
PRODUCTO DECLARADO	: AGUA POTABLE
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	: Líquido turbio
CODIFICACIÓN / MARCA	: Ver detalle de codificación en hoja de resultados.
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE	: Procedencia: Distrito Candarave
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA	: 04 muestras de 500mL aprox.
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN	: En envases de polietileno cerrados. En contenedor isotérmico a una temperatura de 4.0°C.
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	: Recibida en el Laboratorio (Envases Proporcionados)
CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA	: Ninguna (por ser muestra única)
FECHA PRODUCCIÓN	: No especificada
FECHA DE VENCIMIENTO	: No especificada
CONTRATO N°	: 0238-2020
FECHA DE RECEPCIÓN	: 18/02/2020

CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado , según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente (Muestra recibida en laboratorio), BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas, los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS , la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.
- El Periodo de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

PRP-06-F-05-IE Versión: 01 Fecha de Emisión: 27/03/19 Elaborado por: GT / Revisado por: CAC / Aprobado por : GG Página 1 de 2

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú
 Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110
 e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

INFORME DE ENSAYOS N° 0729 - 2020
PÁGINA 2 DE 2

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA POTABLE M1-C-61 -Fecha y hora de muestreo: 16/02/2020 15:58 hrs.	UNIDADES
FQ	Elemento As	0.482	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L

: Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento As

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3114-C, Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method, 23rd Ed. 2017.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA POTABLE M2-C-42 -Fecha y hora de muestreo: 16/02/2020 15:58 hrs.	UNIDADES
FQ	Elemento As	0.145	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L

: Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento As

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3114-C, Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method, 23rd Ed. 2017.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA POTABLE M3-C-62 -Fecha y hora de muestreo: 16/02/2020 16:00 hrs.	UNIDADES
FQ	Elemento As	0.160	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L

: Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento As

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3114-C, Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method, 23rd Ed. 2017.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA POTABLE M4-C-63 -Fecha y hora de muestreo: 16/02/2020 16:00 hrs.	UNIDADES
FQ	Elemento As	0.222	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L

: Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento As

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3114-C, Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method, 23rd Ed. 2017.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 18/02/2020 al 22/02/2020

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS 22/02/2020




Bigo. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe

Anexo 3. Encuesta para determinar la aceptación de mercado

Coagulante-floculante moringa

Estimados señores, somos egresados de la Escuela Profesional de Ingeniería Industrial de la Universidad Privada de Tacna y estamos realizando un proyecto de investigación, respecto a la elaboración del coagulante y floculante a base de semilla de moringa para el tratamiento de agua de consumo humano (reducción de arsénico, turbiedad y actividad bacteriana); es por ello, que se ha elaborado las siguientes preguntas con la finalidad de conocer su percepción sobre el producto. Durante la investigación que realizamos se ha demostrado que nuestro producto tiene una efectividad de reducción hasta el 97% de concentración de arsénico en el agua. Principalmente, en las zonas mineras del Perú muchas familias consumen agua que contiene hasta 1.2 mg/L de arsénico lo que representa 120 veces más del nivel permitido por la OMS (0.01 mg/L). La finalidad de nuestro producto es proporcionar una alternativa económica y natural para reducir los metales pesados presentes en el agua y así las personas podrían beber un agua de mejor calidad. Agradecemos de antemano la información brindada.

*Obligatorio

1. ¿Usted es consciente de que la población de su localidad está bebiendo agua contaminada por altos niveles de arsénico y otros metales pesados? *

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No

2. ¿Usted conoce sobre los parámetros de calidad que debe cumplir el agua para consumo humano? *

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No

3. ¿Estaría dispuesto a colaborar con el proyecto para brindar capacitaciones sobre tratamiento y calidad de agua orientados a su población? *

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No

4. ¿Estaría dispuesto a adquirir el coagulante-floculante moringa? *

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No

5. Usted, ¿cuánto estaría dispuesto a pagar por un saco de 20 Kg de coagulante moringa para purificar 5,000 litros de agua? *

Marca solo un óvalo.

- S/120.00 a S/160.00
 S/160.00 a S/200.00
 S/200.00 a S/240.00

6. ¿La municipalidad está dispuesta a invertir por única vez en un sistema de tratamiento de agua comunitario (10 familias)? *

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No

7. ¿Cuánto estaría dispuesto a invertir por el sistema de tratamiento comunitario? *

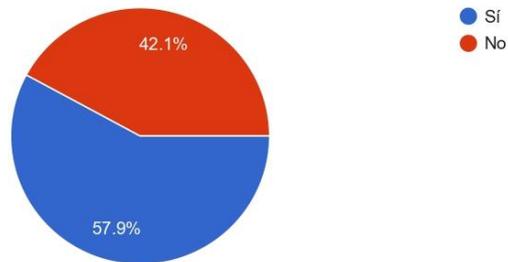
Marca solo un óvalo.

- S/3,000.00 a S/4,000.00
 S/4,000.00 a S/.5,000.00

Anexo 4. Resultados de encuesta para determinar la aceptación de mercado

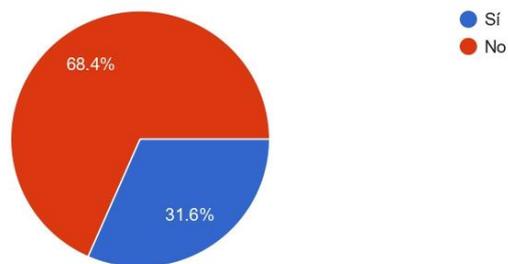
¿Usted es consciente de que la población de su localidad está bebiendo agua contaminada por altos niveles de arsénico y otros metales pesados?

19 respuestas



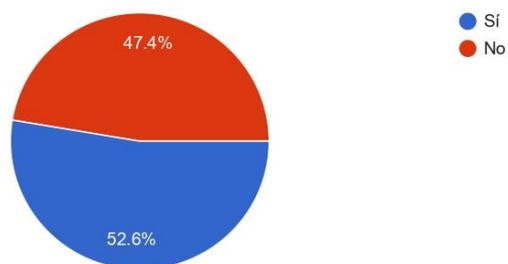
¿Usted conoce sobre los parámetros de calidad que debe cumplir el agua para consumo humano?

19 respuestas



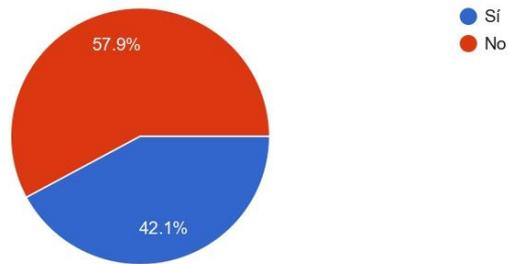
¿Estaría dispuesto a colaborar con el proyecto para brindar capacitaciones sobre tratamiento y calidad de agua orientados a su población?

19 respuestas



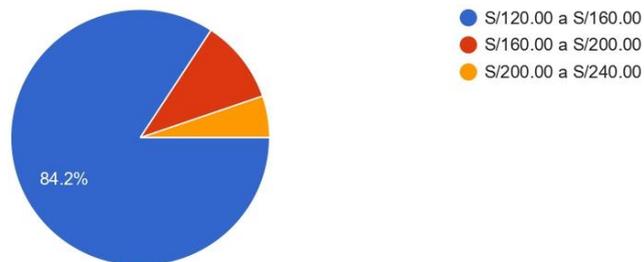
¿Estaría dispuesto a adquirir el coagulante-floculante moringa?

19 respuestas



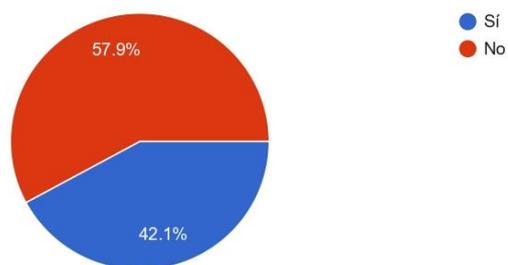
Usted, ¿cuánto estaría dispuesto a pagar por un saco de 20 Kg de coagulante moringa para purificar 5,000 litros de agua?

19 respuestas



¿La municipalidad está dispuesta a invertir por única vez en un sistema de tratamiento de agua comunitario (10 familias)?

19 respuestas



¿Cuánto estaría dispuesto a invertir por el sistema de tratamiento comunitario?

19 respuestas

