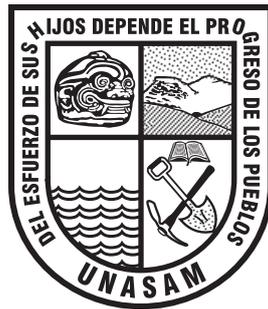


**UNIVERSIDAD NACIONAL
“SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO”
FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA**



**“DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS
HIDRÁULICOS EN LA FLOCULACIÓN ORTOCINÉTICA
UTILIZANDO LA VICIA FABA, PARA LA REMOCIÓN DE
TURBIEDAD DEL RÍO MONTERREY – 2016”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO SANITARIO**

AUTOR:

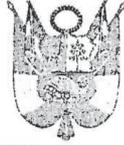
Bach. HENRY WILFREDO HUAROMA ROMERO

ASESOR:

Ing. KIKO FÉLIX DEPAZ CELI

HUARAZ - ANCASH - PERÚ

OCTUBRE - 2018



UNIVERSIDAD NACIONAL
SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO
FACULTAD CIENCIAS DEL AMBIENTE



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS PARA OPTAR EL
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO SANITARIO**

Los Miembros del Jurado Evaluador que suscriben, reunidos para la Ceremonia de Sustentación de la Tesis, que presenta el Señor Bachiller: **HENRY WILFREDO HUAROMA ROMERO**.

Tesis Titulada: **“DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS HIDRÁULICOS EN LA FLOCULACIÓN ORTOCINETICA UTILIZANDO LA VICIA FABA PARA LA REMOCIÓN DE TURBIEDAD DEL RIO MONTERREY—2016”**

Y atendida a la exposición oral y oída las respuestas a las preguntas y observaciones formuladas lo declaramos:

APROBADO

Con el calificativo de:

15 (QUINCE)

En consecuencia, queda en condiciones de ser **APROBADO** por el Consejo de Facultad y recibir el Título Profesional de:

INGENIERO SANITARIO

De conformidad con el Art. 113° numeral 113.9 del reglamento General de la UNASAM (Resolución de Consejo Universitario N° 399-2015-UNASAM), el Art. 48° del Reglamento General de Grados y Títulos de la UNASAM (Resolución de Consejo Universitario – Rector N° 761-2017-UNASAM) y el Art. 160° del Reglamento de Gestión de la Programación, Ejecución y Control de las Actividades Académicas (Resolución de Consejo Universitario – Rector N° 432-2016-UNASAM del 28-12-2016).

Huaraz, *16* de *AGOSTO* del 2018.

[Firma]
Quim. MARIO VLADIMIR LEYVA COLLAS
Presidente

[Firma]
Ing. JUDITH ISABEL FLORES ALBORNOZ
Secretaria

[Firma]
Ing. NINO FRANKLIN ARANDA JIMANCA
Vocal

[Firma]
Ing. KIKO FELIX DEPAZ CELI
Asesor



DEDICATORIA

A Dios, por brindarme la sabiduría, paciencia y fortaleza necesaria para alcanzar una meta más en mi vida y sobre todo por regalarme la familia que tengo.

A mis padres Germán Máximo Huaroma Díaz y Tarcila Romero Moreno, por creer siempre en mis capacidades, por su cariño, por su entrega incondicional, por los valores inculcados y los mejores consejos en cada momento de mi vida; a mis hermanos Yenny Karina, Emelyn Ruiz y Aynor Kadir Huaroma Romero, por brindarme su confianza y respaldo.

Henry Wilfredo Huaroma Romero.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la oportunidad y guiar mi camino en mi vida cotidiana, académica y formación profesional.

A mis padres Germán Máximo Huaroma Díaz y Tarcila Romero Moreno, por el apoyo incondicional que me brindaron, que sin su apoyo no hubiera sido posible alcanzar mis metas que me propuse, por sus consejos y cariño incondicional.

A mis hermanos Yenny, Emelyn, Aynor Huaroma Romero, por creer y confiar en mí, apoyándome en todas las decisiones que he tomado en la vida.

A la universidad Santiago Antúnez de Mayolo, Facultad de Ciencias del Ambiente, Escuela profesional de Ingeniería Sanitaria por ser el alma mater de mi formación académica y profesional, y a los docentes quienes me apoyaron a realizar esta investigación.

Y a todos los que de alguna manera aportaron en la realización de este trabajo.

Henry Wilfredo Huaroma Romero.

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, **Huaroma Romero, Henry Wilfredo** estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería sanitaria de la facultad de ciencias del ambiente de la Universidad Nacional “Santiago Antúnez De Mayolo”, declaro que la tesis titulado “**DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS HIDRÁULICOS EN LA FLOCULACIÓN ORTOCINÉTICA UTILIZANDO LA VICIA FABA, PARA LA REMOCIÓN DE TURBIEDAD DEL RÍO MONTERREY – 2016**” consta de 157 páginas y presentado en tres ejemplares de tesis empastado, para la obtención del título profesional de ingeniero sanitario, es de mi autoría.

Por lo tanto, declaro lo siguiente:

- He mencionado todas las fuentes empleadas en el presente trabajo de investigación, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes de acuerdo a lo establecido por las normas de elaboración de trabajo académico.
- No he utilizado ninguna otra fuente distinta de aquellas expresadamente señaladas en este trabajo.
- Este trabajo de investigación no ha sido previamente presentado completa ni parcialmente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
- Soy consciente de que mi trabajo puede ser revisado electrónicamente en búsqueda de plagios.
- De encontrar uso de material intelectual ajeno sin el debido reconocimiento de su fuente o autor, me someto a las sanciones que determinan el procedimiento disciplinario.

Huaraz, Octubre del 2018.

Huaroma Romero Henry Wilfredo
DNI N°: 43244976

INDICE

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	iii
INDICE.....	iv
RELACIÓN DE FIGURAS	ix
RELACIÓN DE GRÁFICOS	x
RELACIÓN DE CUADROS	xii
RELACIÓN DE TABLAS	xv
RELACIÓN DE FOTOGRAFÍAS	xvi
RESUMEN EJECUTIVO	xvii
ABSTRAC	xviii

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN	1
1.1. ANTECEDENTES Y FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA, TÉCNICA O HUMANÍSTICA.	3
1.1.1. ANTECEDENTES	3
1.1.2. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA	3
1.1.3. TÉCNICA O HUMANÍSTICA.	3
1.2. TEORÍAS RELACIONADAS CON EL TEMA.....	7
1.2.1. AGUATRATADA.....	7
1.2.2. COAGULACIÓN.....	7
1.2.3. COAGULANTES.....	7
1.2.4. FLOCULACIÓN.....	7
1.2.5. FLOCULACIÓNORTOCINÉTICA.....	7
1.2.6. GRADIENTE DE VELOCIDAD.....	8
1.2.7. SEDIMENTACIÓN	8
1.2.8. HABA.....	8
1.2.9. DOSIFICACIÓN.....	8
1.2.10. DOSIS ÓPTIMA	8
1.2.11. CONCENTRACIÓN ÓPTIMA.....	9

1.2.12. pH.ÓPTIMO.	9
1.2.13. LMP.	9
1.2.14. PRUEBA DE JARRAS.	9
1.2.15. TURBIEDAD.	9
1.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.....	10
1.3.1. EL AGUA.....	10
1.3.2. COLOIDES.....	15
1.3.3. COAGULACIÓN.....	17
1.3.4. FLOCULACIÓN.....	19
1.3.5. SEDIMENTACIÓN.....	24
1.3.6. FILTRACIÓN.....	25
1.3.7. DESINFECCIÓN.....	25
1.3.8. COAGULANTES NATURALES	25
1.3.9. EL HABA (VICIA FABA)	26
1.3.10. HARINA DE HABA (VICIA FABA)	28
1.3.11. PRUEBA DE JARRAS	30
1.4. REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	31
1.5. FORMULACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	32
1.5.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	32
1.5.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	32
1.6. JUSTIFICACIÓN.....	33
1.6.1. JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL	33
1.6.2. JUSTIFICACIÓN SOCIAL.....	34
1.6.3. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA.....	34
1.7. OBJETIVOS.....	34
1.7.1. OBJETIVO GENERAL.....	34
1.7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	34
1.8. HIPÓTESIS.....	34

CAPITULO II

MARCO METODOLÓGICO	35
2.1. METODOLOGÍA.....	35
2.1.1. PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DEL COAGULANTE VICIA FABA...35	

2.1.2. PROCESO DE RECOLECCIÓN DE LAS MUESTRAS DEL AGUA DEL RÍO MONTERREY.....	36
2.1.3. PRUEBA DE JARRAS	36
2.2. TIPO DE ESTUDIO	45
2.2.1. SEGÚN SU PROPÓSITO O APLICACIÓN	45
2.2.2. SEGÚN SU NATURALEZA, PROFUNDIDAD Y/O ALCANCE.....	45
2.3. DISEÑO	45
2.4. VARIABLES	46
2.4.1. VARIABLE INDEPENDIENTE.....	46
2.4.2. VARIABLE DEPENDIENTE.....	46
2.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	46
2.5.1. MATRIZ DE CONSISTENCIA	48
2.6. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO	49
2.6.1. POBLACIÓN	49
2.6.2. MUESTRA	49
2.6.3. MUESTREO	49
2.7. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATO	49
2.7.1. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATO	49
2.7.2. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATO	50
2.8. MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS (ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA INFORMACIÓN)	50
2.8.1. MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS	50
2.8.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA INFORMACIÓN	50
2.9. ÁMBITO DE ESTUDIO	61

CAPITULO III

RESULTADOS	62
3.1. EXTRACCIÓN DEL COAGULANTE VICIA FABA	62
3.2. PRUEBA DE JARRAS, MEDIANTE EL USO DE VICIA FABA	62
3.2.1. PRIMERA MUESTRA: RM - 01: F: 07/04/2017, Turb.: 71.00 UNT.....	62
3.2.2. SEGUNDA MUESTRA: RM - 02: F: 07/05/2017, Turb.: 23.05 UNT.....	67
3.2.3. TERCERA MUESTRA: RM - 03: F: 02/05/2017, Turb.: 43.50 UNT.....	71
3.2.4. CUARTA MUESTRA: RM - 04: F: 04/06/2017, Turb.: 85.07 UNT	75

3.3.	ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS OBTENIDAS DEL LABORATORIO.....	79
3.3.1.	PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LA MUESTRA INICIAL (AGUA CRUDA: RM - 01)	79
3.3.2.	PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS ANALIZADOS DE LAS MUESTRAS DE AGUA CRUDA - RM.....	80
3.3.3.	PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE MUESTRAS ANALIZADAS DEL AGUA TRATADA - RMC.....	80
3.3.4.	EFICIENCIA DE VICIA FABA CON RESPECTO A LA REMOCIÓN DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS	81
3.4.	COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA CRUDA CON RESPECTO A LA NORMATIVIDAD NACIONAL E INTERNACIONAL DE LA CALIDAD DEL AGUA	89
3.5.	COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA TRATADA CON EL COAGULANTE VICIA FABA, CON RESPECTO A LA NORMATIVIDAD NACIONAL E INTERNACIONAL.....	90
3.6.	COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LAS MUESTRAS OBTENIDAS CON RESPECTO A LA NORMATIVIDAD NACIONAL E INTERNACIONAL DE LA CALIDAD DEL AGUA	91
3.6.1.	DIAGRAMA DE BARRAS DE COMPARACIÓN DE RESULTADOS (RM - RMC) CON LA NORMATIVIDAD NACIONAL E INTERNACIONAL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO	92
3.7.	DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DEL AGUA DEL RIO MONTERREY – VICIA FABA	100

CAPITULO IV

	DISCUSIÓN	101
4.1.	DISCUSIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DE LAS MUESTRAS OBTENIDAS (RM Y RMC)	101
4.1.1.	MUESTRA DE AGUA CRUDA (RM)	101

4.1.2. MUESTRA DE AGUA TRATADA (RMC)	101
4.2. DISCUSIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS PARÁMETROS ANALIZADOS.....	101
4.3. DISCUSIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y BACTERIOLÓGICOS DEL AGUA TRATADA CON RESPECTO AL AGUA CRUDA.....	102
4.4. DISCUSIÓN DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA TRATADA CON RESPECTO A LA NORMATIVIDAD NACIONAL E INTERNACIONAL	102
4.5. DISCUSIÓN DE LA EFICIENCIA DEL COAGULANTE VICIA FABA EN RELACIÓN A LA REMOCIÓN DE LA TURBIEDAD.....	102

CAPITULO V

CONCLUSIONES	103
RECOMENDACIONES	105

CAPITULO VI

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA	106
--------------------------------	-----

ANEXOS

ANEXO N° 01	109
REGISTRO DE FOTOGRAFÍAS	109
ANEXO N° 02	120
ANÁLISIS DE COSTO DEL TRATAMIENTO DEL AGUA DEL RÍO MONTERREY	120
ANEXO N° 03	123
CARACTERÍSTICAS DE LAS MUESTRAS OBTENIDAS Y EFICIENCIA DE VICIA FABA.....	123
ANEXO N° 04	128
RESULTADOS DE MUESTRAS RM Y RMC - LABORATORIO DE FCAM.....	128

RELACIÓN DE FIGURAS

Figura N°1: Distribución de tamaños de las partículas en el agua (Canepa, 2004).....	15
Figura N°2: Energía potencial de interacción entre coloides (Canepa, 2004).....	17
Figura N°3: Esquema de Camp y Stein.....	22
Figura N°4: Ábaco que relaciona el gradiente de velocidad con las revoluciones por Minuto de un equipo de prueba de jarras con recipientes de 2 litros. Jarra de sección cuadrada. Desarrollado por la Universidad de Michigan....	115

RELACIÓN DE GRÁFICOS

Gráfico N°1: Selección de Dosis óptima - RM 01.....	63
Gráfico N°2: Selección de Concentración óptima - RM 01.....	64
Gráfico N°3: Selección del pH óptimo - RM 01.....	65
Gráfico N°4: Selección de Gradiente - RM 01.....	66
Gráfico N°5: Selección del Tiempo - RM 01.....	66
Gráfico N°6: Selección de Dosis óptima - RM 02.....	67
Gráfico N°7: Selección de Concentración óptima - RM 02.....	68
Gráfico N°8: Selección del pH óptimo - RM 02.....	69
Gráfico N°9: Selección de Gradiente - RM 02.....	70
Gráfico N°10: Selección del tiempo - RM 02.....	70
Gráfico N°11: Selección de Dosis óptima - RM 03.....	71
Gráfico N°12: Selección de Concentración óptima - RM 03.....	72
Gráfico N°13: Selección del pH óptimo - RM 03.....	73
Gráfico N°14: Selección de la gradiente - RM 03.....	74
Gráfico N°15: Selección del tiempo - RM 03.....	74
Gráfico N°16: Selección de Dosis óptima - RM 04.....	75
Gráfico N°17: Selección de Concentración óptima - RM 04.....	76
Gráfico N°18: Selección del pH óptimo - RM 04.....	77
Gráfico N°19: Selección de la gradiente - RM 04.....	78
Gráfico N°20: Selección del tiempo - RM 04.....	78
Gráfico N°21: Comportamiento de Turbiedad con respecto a las muestras (RM, RMC)	82
Gráfico N°22: Eficiencia de remoción de Turbiedad.....	83
Gráfico N°23: Comportamiento del Nitrito con respecto a las muestras (RM, RMC)	84
Gráfico N°24: Eficiencia de remoción del Nitrito.....	84
Gráfico N°25: Comportamiento del Aluminio con respecto a las muestras (RM, RMC)	85
Gráfico N°26: Eficiencia de remoción del Aluminio.....	85
Gráfico N°27: Comportamiento del Hierro con respecto al as muestras (RM, RMC)	86
Gráfico N°28: Eficiencia de remoción del Hierro.....	86
Gráfico N°29: Comportamiento del cromo con respecto a las muestras (RM, RMC)	87
Gráfico N°30: Eficiencia de remoción del Cromo.....	87
Gráfico N°31: Comportamiento del Manganeso con respecto a las muestras	
Gráfico N°32: (RM, RMC)	88

Gráfico N°33: Eficiencia de remoción del Manganeso.....	88
Gráfico N°34: Comparación de los resultados obtenidos de Turbiedad con la Normatividad Nacional e Internacional.....	92
Gráfico N°35: Comparación del Color con la Normatividad Nacional e Internacional.....	93
Gráfico N°36: Comparación del Nitrito con la Normatividad Nacional e Internacional.....	94
Gráfico N°37: Comparación del Aluminio Normatividad Nacional e Internacional.....	95
Gráfico N°38: Comparación del Cromo con la Normatividad Nacional e Internacional.....	96
Gráfico N°39: Comparación del Hierro con la Normatividad Nacional e Internacional.....	97
Gráfico N°40: Comparación del Manganeso con la Normatividad Nacional e Internacional.....	98
Gráfico N°41: Comparación de Coliformes fecales o termotolerantes con la Normatividad Nacional e Internacional.....	99
Gráfico N°42: Comportamiento de Turbiedad con respecto a las muestras (RM-AD-RMC).....	124
Gráfico N°43: Eficiencia de remoción de Turbiedad de las muestras (RM-AD-RMC)	126
Gráfico N°44: Eficiencia de remoción de Turbiedad en relación a las muestras (RM –AD).....	126
Gráfico N°45: Eficiencia de remoción de Turbiedad en relación a las muestras (AD–RMC).....	127
Gráfico N°46: Eficiencia de remoción de Turbiedad en relación a las muestras (RM–RMC).....	127

RELACIÓN DE CUADROS

Cuadro N°1: Niveles de alcalinidad.....	11
Cuadro N°2: Método para medición de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.....	50
Cuadro N°3: Datos del análisis de las muestras obtenidas del laboratorio - Turbiedad.....	51
Cuadro N°4: Prueba t para medias de dos muestras relacionadas con respecto a la Turbiedad.....	51
Cuadro N°5: Datos del análisis de las muestras obtenidas del laboratorio - Color.....	52
Cuadro N°6: Prueba t para medias de dos muestras relacionadas con respecto al Color.....	53
Cuadro N°7: Datos del análisis de las muestras obtenidas del laboratorio - Nitrito.....	53
Cuadro N°8: Prueba t para medias de dos muestras relacionadas con respecto al Nitrito.....	54
Cuadro N°9: Datos del análisis de las muestras obtenidas del laboratorio - Aluminio.....	55
Cuadro N°10: Prueba t para medias de dos muestras relacionadas con respecto al Aluminio.....	55
Cuadro N°11: Datos del análisis de las muestras obtenidas del laboratorio - Cromo.....	56
Cuadro N°12: Prueba t para medias de dos muestras relacionadas con respecto al Cromo.....	56
Cuadro N°13: Datos del análisis de las muestras obtenidas del laboratorio - Hierro.....	57
Cuadro N°14: Prueba t para medias de dos muestras relacionadas con respecto al Hierro.....	58
Cuadro N°15: Datos del análisis de las muestras obtenidas del laboratorio - Manganeso.....	59
Cuadro N°16: Prueba t para medias de dos muestras relacionadas con respecto al Manganeso.....	59
Cuadro N°17: Datos del análisis de las muestras obtenidas del laboratorio - Coliformes fecales o termotolerantes.....	60
Cuadro N°18: Prueba t para medias de dos muestras relacionadas con respecto a Coliformes fecales y termotolerantes.....	61
Cuadro N°19: Características iniciales de la muestra del agua cruda del río Monterrey	

empleada en la investigación.....	79
Cuadro N°20: Características de parámetros de las muestras obtenidas - agua cruda.....	80
Cuadro N°21: Características de parámetros de las muestras obtenidas - agua tratada.....	80
Cuadro N°22: Comparación de la eficiencia de remoción de los parámetros Fisicoquímicos y Microbiológicos.....	81
Cuadro N°23: Eficiencia de <i>Vicia faba</i> en relación a la remoción de Turbiedad.....	82
Cuadro N°24: Eficiencia del coagulante <i>Vicia faba</i> en relación a la remoción de Color.....	83
Cuadro N°25: Eficiencia del coagulante <i>Vicia faba</i> en relación a la remoción de Nitrito.....	83
Cuadro N°26: Eficiencia de <i>Vicia faba</i> en relación a la remoción de Aluminio.....	84
Cuadro N°27: Eficiencia del coagulante <i>Vicia faba</i> en relación a la remoción de Hierro.....	85
Cuadro N°28: Eficiencia de <i>Vicia faba</i> en relación a la remoción del Cromo.....	86
Cuadro N°29: Eficiencia de <i>Vicia faba</i> en relación a la remoción de Manganeso.....	87
Cuadro N°30: Eficiencia del coagulante <i>Vicia faba</i> en relación a la remoción de Coliformes fecales o termotolerantes.....	88
Cuadro N°31: Comparación de las muestras obtenidas del agua cruda con el Reglamento nacional e internacional de la calidad del agua para Consumo humano.....	89
Cuadro N°32: Comparación de la calidad del agua tratada con el coagulante <i>Vicia faba</i> , con respectó a los límites máximos permisibles de los Parámetros de calidad organoléptica del agua para consumo humano.....	90
Cuadro N°33: Comparación de la calidad del agua de las muestras obtenidas con Respecto a los límites máximos permisibles de parámetros de Calidad organoléptica del agua para consumo humano.....	91
Cuadro N°34: Comparación de la Turbiedad con los LMP.....	92
Cuadro N°35: Comparación del Color con los LMP.....	93
Cuadro N°36: Comparación del Nitrito con los LMP.....	94
Cuadro N°37: Comparación del Aluminio con los LMP.....	95
Cuadro N°38: Comparación del Cromo con los LMP.....	96

Cuadro N°39: Comparación del Hierro con los LMP.....	97
Cuadro N°40: Comparación de Manganeseo con los LMP.....	98
Cuadro N°41: Comparación de Coliformes fecales o termotolerantes con los LMP.....	99
Cuadro N°42: Análisis de costo de producción de agua tratada mediante el uso del Coagulante natural <i>Vicia faba</i> (Dosis optima 40mg/l), para una Turbiedad de 71.00 UNT.....	120
Cuadro N°43: Análisis de costo de producción de agua tratado mediante el uso Del coagulante natural <i>Vicia faba</i> (dosis optima 30mg/l), para una Turbiedad de 23.05 UNT, con una eficiencia de remoción de Turbiedad del 58.48%.....	120
Cuadro N°44: Análisis de costo de producción de agua tratado mediante el uso del Coagulante natural <i>Vicia faba</i> (dosis optima 35mg/l), para una Turbiedad de 43.50 UNT, con una eficiencia de remoción de Turbiedad del 53.45%.....	121
Cuadro N°45: Análisis de costo de producción de agua tratado mediante el uso del Coagulante natural <i>Vicia faba</i> (dosis optima 35mg/l), para una Turbiedad de 85.07 UNT, con una eficiencia de remoción de Turbiedad del 58.96%.....	121
Cuadro N°46: Resultados del proceso de tratamiento del agua cruda - agua decantada.....	122
Cuadro N°47: Características del agua empleada en el estudio de investigación.....	123
Cuadro N°48: Características de las muestras del agua tratada.....	123
Cuadro N°49: Análisis de <i>Vicia faba</i> en relación a la remoción de Turbiedad.....	124
Cuadro N°50: Eficiencia de <i>Vicia faba</i> en relación a la remoción de Turbiedad.....	125

RELACIÓN DE TABLAS

Tabla N°1: Producción y rendimiento de haba grano seco por meses, Perú (2017 - 2018).....	27
Tabla N°2: Producción y rendimiento de haba grano seco, región Ancash (2017 - 2018).....	27
Tabla N°3: Operacionalización de las variables de investigación.....	47
Tabla N°4: Matriz de consistencia.....	48
Tabla N°5: Dosificación del coagulante <i>Vicia faba</i> (mg/l) - RM 01	62
Tabla N°6: Concentración del coagulante <i>Vicia faba</i> (%) - RM 01.....	63
Tabla N°7: Dosificación de pH (Und. pH) - RM 01.....	64
Tabla N°8: Turbiedad con respecto a la Gradiente y Tiempo RM - 01.....	65
Tabla N°9: Dosificación del coagulante <i>Vicia faba</i> (mg/l) - RM 02.....	67
Tabla N°10: Concentración del coagulante <i>Vicia faba</i> (%) - RM 02.....	68
Tabla N°11: Dosificación de pH (Und. pH) - RM 02.....	69
Tabla N°12: Turbiedad con respecto a la Gradiente y Tiempo - RM 02.....	70
Tabla N°13: Dosificación del coagulante <i>Vicia faba</i> (mg/l) - RM 03.....	71
Tabla N°14: Concentración del coagulante <i>Vicia faba</i> (%) - RM 03	72
Tabla N°15: Dosificación de pH (Und. pH) - RM 03.....	73
Tabla N°16: Turbiedad con respecto a la Gradiente y Tiempo - RM 03.....	74
Tabla N°17: Dosificación del coagulante <i>Vicia faba</i> (mg/l) - RM 04.....	75
Tabla N°18: Concentración del coagulante <i>Vicia faba</i> (%) - RM 04.....	76
Tabla N°19: Dosificación de pH (Und. pH) - RM 04.....	77
Tabla N°20: Turbiedad con respecto a la Gradiente y Tiempo - RM 04.....	78

RELACIÓN DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía N°1: Vista de la cuenca del río Monterrey.....	14
Fotografía N°2: Composición de la harina de haba por 100gr.....	28
Fotografía N°3: Equipo de prueba de jarras.....	31
Fotografía N°4: Proceso de recolección de la muestra del agua del río Monterrey.....	36
Fotografía N°5: Procedimientos del test de jarras.....	37
Fotografía N°6: Proceso de determinación de Dosis óptima de Vicia faba.....	39
Fotografía N°7: Proceso de determinación de Concentración óptima de <i>Vicia faba</i>	40
Fotografía N°8: Proceso de determinación del pH óptimo del coagulante <i>Vicia faba</i>	41
Fotografía N°9: Proceso de filtración de las muestras obtenidas.....	42
Fotografía N°10: Proceso de determinación de los parámetros de floculación.....	43
Fotografía N°11: Ámbito de estudio - río Monterrey.....	61
Fotografía N°12: Primera recolección de la muestra de agua del río Monterrey.....	109
Fotografía N°13: Segunda recolección de la muestra de agua del río Monterrey.....	109
Fotografía N°14: Tercera recolección de la muestra de agua del río Monterrey.....	110
Fotografía N°15: Cuarta recolección de la muestra de agua del río Monterrey.....	110
Fotografía N°16: Semilla de Haba sin cascara.....	111
Fotografía N°17: Proceso de molido de la semilla del Haba pelado.....	111
Fotografía N°18: Obtención de la harina Haba.....	112
Fotografía N°19: Obtención de harina de Haba con granulometría uniforme.....	112
Fotografía N°20: Equipo de prueba de jarras que se utilizó.....	113
Fotografía N°21: Equipo de medición de turbiedad - Turbidímetro.....	113
Fotografía N°22: Equipo de medición del pH. - Ph metro.....	114
Fotografía N°23: Balanza analítica.....	114
Fotografía N°24: Llenado de los vasos de 2000 ml con muestra de agua cruda.....	116
Fotografía N°25: Pesado de harina de haba.....	116
Fotografía N°26: Preparado de la solución de harina de Haba (Vicia faba).....	117
Fotografía N°27: Proceso de coagulación y floculación.....	117
Fotografía N°28: Proceso de sedimentación.....	118
Fotografía N°29: Selección de dosis y concentración óptima.....	118
Fotografía N°30: Llenado de los vasos con la muestra antes preparadas a (pH: 6.5, 7.00, 7.5, 8.00, 8.5, 9.00).....	119
Fotografía N°31: Selección del pH óptimo del coagulante natural Vicia faba.....	119

RESUMEN EJECUTIVO

El presente estudio de investigación se enfocó en el uso del coagulante natural *Vicia faba* para el tratamiento de las aguas del río monterrey, con fines de consumo humano. Para ello se realizó la prueba de jarras, desarrollándose la determinación de la dosificación, concentración, pH óptimo del coagulante *Vicia faba*, así como también los procesos de la coagulación, floculación y sedimentación. Para ello se tomaron 4 muestras de agua cruda (RM) y se colectaron 4 muestras de agua tratada (RMC), para ser comparadas con los LMP de la normatividad nacional e internacional de la calidad del agua para consumo humano.

El objetivo de la investigación es utilizar la harina de *Vicia faba* como coagulante natural en el proceso de tratamiento de las agua del río Monterrey, con la finalidad de comparar su eficiencia con respecto a la remoción de la turbiedad. Así como también comparar su eficiencia en cuanto a la remoción de nutrientes, metales y coliformes fecales o termotolerantes. Así mismo determinar los parámetros hidráulicos (gradiente de velocidad), determinar la dosis optima, concentración optima y pH óptimo del coagulante *Vicia faba*.

Los resultados obtenidos en relación a la remoción de la turbiedad del río monterrey demuestran la alta eficiencia del coagulante *Vicia faba*. En tanto a la remoción del color, nitrito, aluminio, hierro, cromo, manganeso y los coliformes fecales o termotolerantes resulta ser ineficiente. Así como también el agua tratada en comparación con el estándar de los LMP de la calidad de agua para consumo humano, indican que la turbiedad, color, nitritos, aluminio, cromo, manganeso, alcalinidad, conductividad, dureza, pH, se encuentran por debajo. A diferencia del hierro y coliformes fecales o termotolerantes se encuentran por encima del estándar de los LMP de la normatividad nacional e internacional de la calidad del agua para consumo humano.

Culminado con el proceso del estudio de la investigación se llegara a concluir. Que el coagulante natural *Vicia faba* resulta ser eficiente en relación a la remoción de la turbiedad, con un alto porcentaje de remoción de la turbiedad de las aguas del río Monterrey.

Palabras claves: Coagulante natural, *Vicia faba*, coagulación, floculación, turbiedad, gradiente de velocidad, prueba de jarras, metales, nutrientes.

ABSTRACT

The present research study focused on the use of the natural coagulant *Vicia faba* for the treatment of the waters of the Monterrey River, for the purpose of human consumption. To do this, the jars test was carried out, developing the determination of the dosage, concentration, optimum pH of the *Vicia faba* coagulant, as well as the processes of coagulation, flocculation and sedimentation. For this, four samples of raw water (RM) were taken and four samples of treated water (RMC) were collected, to be compared with the LMP of the national and international regulations on the quality of water for human consumption

The objective of the research is to use the *Vicia faba* flour as a natural coagulant in the treatment process of the Monterrey River water, with the purpose of comparing its efficiency with respect to the removal of turbidity. As well as comparing its efficiency in terms of the removal of nutrients, metals and fecal or thermotolerant coliforms. Also determine the hydraulic parameters (speed gradient), determine the optimal dose, optimum concentration and optimum pH of *Vicia faba* coagulant.

The results obtained in relation to the removal of turbidity from the Monterrey river demonstrate the high efficiency of *Vicia faba* coagulant. As for the removal of color, nitrite, aluminum, iron, chromium, manganese and fecal or thermotolerant coliforms, it turns out to be inefficient. As well as treated water compared to the LMP standard of water quality for human consumption, they indicate that turbidity, color, nitrites, aluminum, chromium, manganese, alkalinity, conductivity, hardness, pH, are below. Unlike iron and fecal or thermotolerant coliforms, they are above the LMP standard of the national and international regulations on the quality of water for human consumption.

Completed with the process of the study of the investigation will be concluded. That the natural coagulant *Vicia faba* turns out to be efficient in relation to the removal of turbidity, with a high percentage of turbidity removal from the waters of the Monterrey river.

Key words: Natural coagulant, *Vicia faba*, coagulation, flocculation, turbidity, velocity gradient, jar test, metals, nutrients.

CAPITULO I.

INTRODUCCIÓN.

Las características organolépticas de las aguas superficiales, por lo general no cumplen con el estándar de los límites máximos permisibles de la calidad de agua para consumo humano, por ende surge la necesidad de investigar sobre las características y propiedades de los coagulantes naturales que puedan ser empleadas como coagulantes primario o ayudante en el proceso del tratamiento del agua.

Por tanto el proceso de coagulación, floculación y sedimentación, son los procesos más relevantes en la potabilización del agua, ya que la variación de la turbiedad, temperatura, pH, concentración de metales, entre otros, hace que se modifique la calidad del agua a tratarse, por tanto siempre se busca el coagulante con una dosis y concentración optima capaz de formar flocs y remover los flocs. Ya que la eficiencia del coagulante empleado solo podrá ser determinado mediante la prueba de jarras a nivel de laboratorio.

Ya que varios estudios han demostrado los efectos secundarios causados en los seres humanos por coagulantes químicos utilizados en el proceso de la potabilización del agua con fines de consumo humano. Cuando estos son utilizados en grandes cantidades.

Por estas razones en el presente estudio de investigación se utilizará la harina de la semilla de haba (*Vicia faba*) como coagulante natural primario, ya que la semilla de haba

(*Vicia faba*) por sus variedades que existen actualmente se encuentra en investigación y expansión a través del ministerio de agricultura.

Tomando en cuenta la información de los estudios realizados sobre el uso del coagulante *Vicia faba* para el tratamiento de aguas superficiales, en el presente estudio de investigación se planteó como objetivo “***Determinar los parámetros hidráulicos, en la floculación ortocinética, utilizando la vicia faba, para la remoción de turbiedad del río Monterrey***”, así como también se planteó la hipótesis “***el uso de la vicia faba, para la determinación de los parámetros hidráulicos en el proceso de la floculación ortocinética para la remoción de la turbiedad del agua del río Monterrey, resulta ser eficientemente***”, ya que a nivel nacional, regional y local, existe el producto de haba *Vicia faba* ya sea en granos seco y grano verde. Por tanto con el uso de este coagulante natural *Vicia faba* se desea aportar y contribuir a desarrollar tecnologías más económicas y adecuadas a nuestra realidad.

Teniendo en cuenta los estudios realizados sobre las pruebas de jarras, se realizó el ensayo de jarras a nivel de laboratorio, para la determinación de la dosis óptima, concentración óptima, pH óptimo del coagulante *Vicia faba*, así como también la selección de la gradiente de velocidad y el tiempo formación de flocs. También se comparó la eficiencia de remoción de los parámetros medidos de los resultados de las muestras obtenidas agua cruda (RM) y agua tratada (RMC).

Durante el estudio de investigación se analizó la turbiedad, color, nitrito, aluminio, cromo, hierro, manganeso y coliformes fecales o termotolerantes como parámetros principales tanto del agua cruda y del agua tratada, con la finalidad de determinar la eficiencia de remoción y comparar con los límites máximos permisibles de la calidad del agua para consumo humano de la normatividad nacional e internacional. Así como también como otros parámetros como la alcalinidad, conductividad, dureza, pH, temperatura, con la finalidad de comparar con las normas nacionales e internacionales de la calidad del agua para consumo humano.

1.1. ANTECEDENTES Y FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA, TÉCNICA O HUMANÍSTICA.

1.1.1. ANTECEDENTES.

➤ A NIVEL LOCAL.

OPTIMIZACIÓN DE FLOCULANTE NATURAL DE TUNA OPUNTIA FICUS INDICA EN LA CLARIFICACIÓN DE LAS AGUAS SUPERFICIALES DEL DISTRITO DE SANTA ROSA, PROVINCIA DE PALLASCA.

Tuvo como objetivo determinar la proporción óptima entre seis formulaciones del floculante natural de tuna opuntia ficus que indica en la clarificación de las aguas superficiales de las aguas de las acequias del poblado de Miraflores - distrito de Santa Rosa - provincia de Pallasca. se llevó a cabo durante los meses de enero a marzo del 2011, considerando un muestreo de tipo probabilístico aleatorio, las muestras de agua se recolectan de diferentes puntos de las acequias de 05 a 06 metros paralelos a la línea de acequias, las mismas que se representaron en el área más utilizada para el consumo directo. Se realizaron procedimientos químicos para el análisis y lectura en el laboratorio, con técnicas especializadas en tratamiento y monitoreo de las aguas en los grupos experimentales y de control.

Los resultados mostraron valores turbidimétricos bajos, medios, altos y muy altos a razón de una referencial de 200 ppm usados por los pobladores en su tratamiento casero y de uso doméstico, siendo la F1-350 ppm y F2-300 ppm las de mejores en clarificación y las menores a 200 ppm resulta con mayor turbidez que el patrón referencial de sulfato ferroso usado a razón de 50 ppm.

Como conclusión tenemos que la formulación 1 y 2 no presentan significancia estadística, por lo que, es la proporción óptima del floculante natural de tuna en la clarificación de las aguas superficiales (**PACORA BERNAL, Loida, 2011**).

➤ **A NIVEL NACIONAL.**

“USO DEL EXTRACTO DE LA SEMILLA DE MORINGA OLEIFERA COMO COAGULANTE NATURAL PRIMARIO Y AYUDANTE DE COAGULACIÓN EN EL TRATAMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO”.

Se utilizó el extracto de semilla de la moringa oleífera como coagulante primario y como ayudante de coagulación del sulfato de aluminio, también se realizaron pruebas con las mismas muestras de agua utilizando el sulfato de aluminio (alúmina) como coagulante primario, todo ello con la finalidad de poder comparar el poder del coagulante de la moringa oleífera frente al sulfato de aluminio.

La investigación se realizó con muestras de agua del Río Rímac, cada uno de ellas con las siguientes características:

- Muestra I. de 30 UNT, alcalinidad de 86 mg/l CaCO_3 y una dureza total de 168 mg/l de CaCO_3 .
- Muestra II. De 500 UNT, alcalinidad de 95 mg/l CaCO_3 y una dureza total de 193 mg/l de CaCO_3 .
- Muestra III. De 110 UNT, alcalinidad de 91 mg/l CaCO_3 y una dureza total de 184 mg/l de CaCO_3

Los resultados obtenidos demuestran el alto poder del coagulante que posee el extracto de la semilla de moringa oleífera tanto como coagulante principal, así como ayudante de coagulación, esto debido a que remueve la turbiedad a valores aceptables por la normativa nacional.

Los resultados obtenidos indican que el extracto de la semilla de la moringa oleífera utilizada como coagulante primario reduce la turbiedad a valores ≤ 2 UNT (límite de la normativa nacional) y con las siguientes tasas de sedimentación:

Muestra I: con una tasa de 17 m³/m²/d, Muestra II: con una tasa de 20 m³/m²/d y Muestra III: con una tasa de 25 m³/m²/d, como ayudante de coagulación la tasa fue de 50 m³/m²/d para todas las muestras (ALDANA RIVERA, Edgar Alberto, 2012).

➤ **A NIVEL INTERNACIONAL.**

EVALUACIÓN DE ALMIDONES DE MALANGA (COLOCASIA ESCULENTA) COMO AGENTES COADYUVANTES EN LA REMOCIÓN DE TURBIEDAD EN PROCESOS DE POTABILIZACIÓN DE AGUA.

El empleo de almidones modificados de malanga (*Colocasia esculenta*) en el proceso de coagulación - floculación enfocado a la potabilización del agua. Con este propósito se sintetizaron tres tipos de almidones fisicoquímicamente modificados a partir del almidón nativo: fosfatado, entrecruzado y pre gelatinizado. A partir de una prueba experimental estandarizada se evaluó la eficiencia de remoción de turbiedad y color de estos agentes en muestras sintéticas representativas de aguas superficiales de Tabasco con una turbiedad inicial de 400 UNT. Los resultados indican que la remoción máxima de turbiedad fue de 95% utilizando 15 mg/l de almidón nativo combinado con 35mg/l de $Al_2(SO_4)_3$ (R. LÓPEZ, Vidal, 2014).

1.1.2. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA.

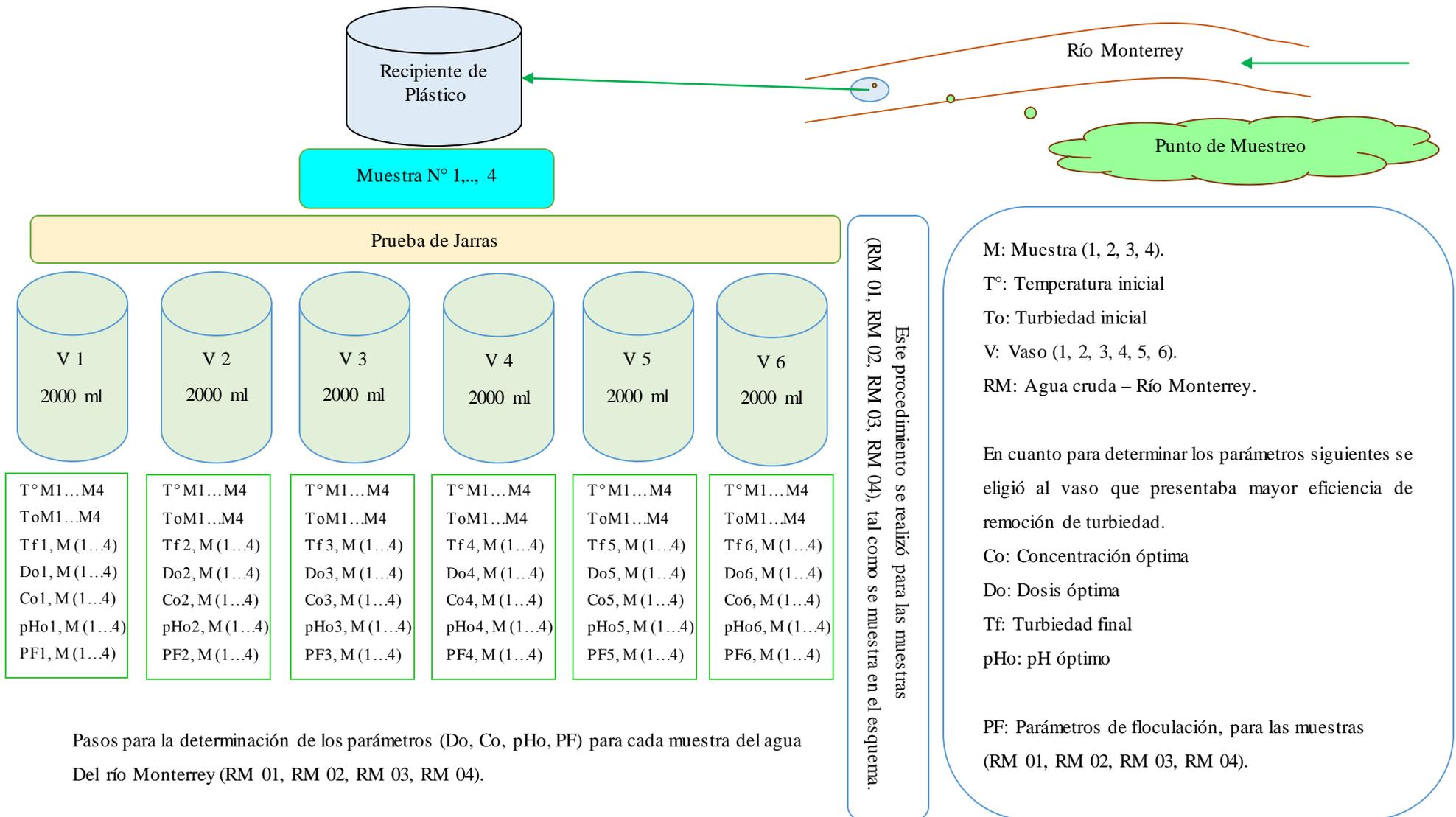
Se decidió realizar la presente investigación por las siguientes razones:

- Utilizar el coagulante natural *Vicia faba*, para la remoción de turbiedad del agua del río Monterrey, con la finalidad de crear alternativas del uso de la *Vicia faba* en el proceso de tratamiento de las aguas superficiales en zonas rurales.
- Utilizar la *Vicia faba* como un coagulante natural a diferencia de los coagulantes sintéticos con fines de potabilización del agua.
- Optimizar el proceso de potabilización del agua, utilizando la *Vicia faba*, para economizar y reducir el uso de coagulantes sintéticos.

1.1.3. TÉCNICA O HUMANÍSTICA.

La técnica se realizará mediante la observación y análisis de laboratorio. El procesamiento de los datos obtenidos se realizará mediante tablas, gráficos y análisis en función a las dimensiones de las variables.

ESQUEMA EXPERIMENTAL DEL PROCESO DE LA PRUEBA DE JARRAS - MUESTRA DE AGUA DEL RÍO MONTERREY.



1.2. TEORÍAS RELACIONADAS CON EL TEMA.

1.2.1. AGUA TRATADA.

Agua superficial cuya calidad ha sido modificada por medio de procesos de tratamiento (coagulación, floculación, sedimentación, filtración) además la desinfección. Debe ajustarse a las normas vigentes de calidad del agua para consumo humano (Romero, 2002).

1.2.2. 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).

1.2.3. COAGULANTES.

Sustancias orgánicas que inducen el aglutinamiento de las partículas muy finas, ocasionando la formación de partículas más grandes y pesadas (Andía, 2000).

1.2.4. FLOCULACIÓN.

Es el proceso mediante el cual se juntan las partículas desestabilizadas o coaguladas para formar un aglomerado más grande llamado floculo y se debe a un mecanismo de formación de puentes químicos o enlaces físicos (Cogollo, 2011).

1.2.5. FLOCULACIÓN ORTOCINÉTICA.

Es la inducida por la energía comunicada al líquido por fuerzas externas (paletas giratorias) y es cuando los contactos son producidos por el movimiento del fluido, o peri cinética que es la promovida dentro del líquido por el movimiento que tienen las partículas en él, debido a la agitación y por la gravedad y el peso de las partículas, las que se aglomeran al caer y es cuando el contacto entre las partículas es producido por el movimiento Browniano (Lozano, & Lozano, 2015).

1.2.6. GRADIENTE DE VELOCIDAD.

Este es un factor proporcional a la velocidad de aglomeración de las partículas. Existe un límite máximo de gradiente que no puede ser sobrepasado, para evitar el rompimiento del floc. El gradiente a través de las cámaras debe ser decreciente y no se deben tener cámaras intermedias con gradientes elevados. (Andía, 2000).

1.2.7. SEDIMENTACIÓN.

Es la remoción de partículas más pesadas que el agua por acción de la fuerza de gravedad. Mediante este proceso se eliminan materiales en suspensión empleando un tiempo de retención adecuado (Cogollo, 2011).

1.2.8. HABA.

El haba o habichuela (*Vicia faba*) es una planta herbácea, anual, de tallos erectos, cultivada en todo el globo por sus semillas, empleadas en gastronomía. Da su nombre a la familia de las fabáceas, de la cual es la especie tipo. Puede emplearse tanto en consumo fresco, aprovechándose vainas y granos conjuntamente, así como únicamente los granos, dependiendo del estado de desarrollo en que se encuentren; o como materia prima para la industria transformadora de alimentos (Cedeño, 2007).

1.2.9. DOSIFICACIÓN.

Acción mediante la cual se suministra una sustancia, en este caso un coagulante natural al agua cruda (Andía, 2000).

1.2.10. DOSIS ÓPTIMA.

Es la concentración del coagulante que produce la mayor eficiencia de reacción en un proceso (coagulación, floculación, sedimentación) en relación a la turbiedad. Es determinar la más rápida desestabilización de las partículas coloidales, que permita la formación de un flóculo grande, compacto y pesado, que pueda ser fácilmente retenido en los decantadores y que no se rompa y traspase el filtro, la dosis óptima se consigue por medio de la selección del coagulante, pH, gradientes, tiempos de mezcla, entre otros (Andía, 2000).

1.2.11. CONCENTRACIÓN ÓPTIMA.

Con la condición de que haya suficiente turbulencia, la dispersión será más efectiva cuando mayor sea el volumen de solución o más diluida sea esta, lo que resultará una mejor remoción de turbiedad porque el coagulante entrará más rápido y más fácil en contacto con el mayor número de partículas coloidales. **(Canepa, 2004).**

1.2.12. pH ÓPTIMO.

El pH es un factor muy importante en la coagulación. En general, el pH óptimo para la coagulación de aguas con color es más bajo (4-6), que para aguas con mayor turbiedad (6,5-8,5). Generalmente las sales férricas son efectivas, en un rango más amplio de valores de pH que las sales de aluminio. **(Canepa, 2004).**

1.2.13. LMP.

Límites máximos permisibles para el agua. Corresponde a aquella concentración de sustancia o densidad de bacterias a partir de la cual existe rechazo del agua por parte de los consumidores o surge un riesgo inaceptable para la salud. **(Reglamento de calidad del agua para consumo humano).**

1.2.14. PRUEBA DE JARRAS.

Ensayo de laboratorio que simula las condiciones en que se realizan los procesos de oxidación química, coagulación, floculación y sedimentación en la planta. La prueba de jarras es un procedimiento de laboratorio para determinar la dosis más efectiva de los insumos y/o coagulantes que se debe suministrar al agua para optimizar el proceso de sedimentación **(OPS/CEPIS, 1992).**

1.2.15. TURBIEDAD.

La turbidez es una expresión de la propiedad o efecto óptico causado por la dispersión o interferencia de los rayos luminosos que pasan a través de una muestra de agua; en otras palabras, la turbiedad es la propiedad óptica de una suspensión que hace que la luz sea remitida y no transmitida a través de la suspensión. **(Canepa, 2004).**

1.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.

1.3.1. EL AGUA

El agua es el constituyente más importante del organismo humano y del mundo en el que vivimos. Tiene una gran influencia en los procesos bioquímicos que ocurren en la naturaleza. Se considera que el agua es un solvente universal (**Canepa, 2004**).

➤ PROPIEDADES DEL AGUA.

A. Propiedades químicas.

El agua es el disolvente universal, puesto que todas las sustancias son de alguna manera solubles en ella. No posee propiedades ácidas ni básicas, combina con ciertas sales para formar hidratos, reacciona con los óxidos de metales formando ácidos y actúa como catalizador en muchas reacciones químicas (**Degrémont, 1979**).

➤ CARACTERÍSTICAS DEL AGUA.

A. Características Físicas.

a. Turbiedad.

La turbiedad es originada por las partículas en suspensión o coloides. Aunque no se conocen los efectos directos sobre la salud. Esta afecta la calidad estética del agua, ocasionando el rechazo de los consumidores. La OMS recomienda como valor guía 5 UNT. Sin embargo, que para una desinfección eficiente, el agua filtrada debería tener una turbiedad promedio menor o igual a una UNT. (**Canepa, 2004**).

b. Sólidos y Residuos.

Se denomina así a los residuos que se obtienen como materia remanente luego de evaporar y secar una muestra de agua a una temperatura dada (**Canepa, 2004**).

c. Color

Esta característica del agua puede estar ligada a la turbiedad o presentarse independientemente de ella. La característica del agua se atribuye comúnmente a la

presencia de taninos, lignina, ácidos húmicos, ácidos grasos, ácidos fúlvicos, etc. El valor guía de la OMS y del Canadá es 15 unidades de color (UC) para aguas de bebida (Canepa, 2004).

d. Olor y Sabor

El sabor y el olor están estrechamente relacionados; por eso es común decir que “A lo que huele, sabe el agua”. Estas características constituyen el motivo principal de rechazo por parte del consumidor. En el agua se pueden considerar cuatro sabores básicos: ácido, salado, dulce y amargo. (Canepa, 2004).

e. Temperatura.

Es uno de los parámetros físicos más importantes en el agua, pues por lo general influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, la desinfección y los procesos de mezcla, floculación, sedimentación y filtración. (Canepa, 2004).

B. Características Químicas.

a. Alcalinidad.

Es la capacidad del agua de neutralizar ácidos. Sin embargo, aniones de ácidos débiles (bicarbonatos, carbonatos, hidróxido, sulfuro, bisulfuro, silicato y fosfato) pueden contribuir a la alcalinidad.

Cuadro N° 1: Niveles de alcalinidad.

Rango	Alcalinidad (mg/l CaCO ₃)
Baja	< 75
Media	75 - 150
Alta	> 150

* Datos tomados de Kevern (1989).

La EPA no hace recomendaciones respecto a la alcalinidad en fuentes de agua, ya que esta se liga a factores como el pH y la dureza, pero concluye que una fuente no debe mostrar cambios bruscos o repentinos en el contenido de la alcalinidad, pues esto podría indicar un cambio en la calidad del agua (Canepa, 2004).

b. Aluminio.

Es un componente natural del agua, debido principalmente a que forma parte de la estructura de las arcillas. En el caso del Aluminio, la OMS ha establecido un valor guía de 0,2 mg/l para aguas de consumo humano (**Canepa, 2004**).

c. Cromo.

El Cr (III) es esencial para los seres humanos, pues promueve la acción de la insulina. La EPA recomienda, como factor de seguridad, que el límite para cromo en fuentes de agua destinadas a consumo humano no exceda 0,1 mg/l como cromo total. Las guías de la OMS y del Canadá son más exigentes: 0,05 mg/l (**Canepa, 2004**).

d. Dureza.

Aún no se ha definido si la dureza tiene efectos adversos sobre la salud. Pero se la asocia con el consumo de más jabón y detergente durante el lavado. Se considera que un agua es blanda cuando tiene dureza menor de 100 mg/l; medianamente dura, cuando tiene de 100 a 200 mg/l; y dura, cuando tiene de 200 a 300 mg/l (en todos los casos, como CaCO₃). Las normas de calidad no establecen un límite específico para la dureza en el agua para consumo humano (**Canepa, 2004**).

e. Hierro.

La presencia de Hierro puede afectar el sabor del agua. Por consideraciones de sabor y debido a que los tratamientos convencionales pueden eliminar el hierro en estado férrico pero no el hierro soluble Fe (II), las guías de calidad de la OMS y del Canadá recomiendan que en las aguas destinadas al consumo humano no se sobrepase 0,3mg/l de Hierro (**Canepa, 2004**).

f. Manganeso.

Su presencia no es común en el agua, pero cuando se presenta, por lo general está asociado al hierro comúnmente se encuentra en el agua bajo su estado reducido, Mn (II). Las guías de calidad para aguas de consumo humano de la OMS establecen como valor provisional 0,5mg/l (**Canepa, 2004**).

g. Nitritos.

La OMS establece un valor guía provisional de 50mg/l NO₃ y 3mg/l NO₂, mientras que el Canadá recomienda un máximo de 10mg/l para el primero y un mg/l para el segundo (Canepa, 2004).

h. pH.

Es un parámetro básico que indica el grado de acidez o basicidad del agua. Este parámetro tiene mucha influencia en una serie de reacciones que ocurren en el agua. El Canadá recomienda como valor guía para agua de bebida un rango 6,5 a 8,5 para el pH (Canepa, 2004).

C. Características Microbiológicas.

a. Coliformes Termotolerantes o Fecales.

Se denomina coliformes termotolerantes a ciertos miembros del grupo de bacterias coliformes totales que están estrechamente relacionados con la contaminación fecal. Las técnicas de análisis más conocidas son la prueba de tubos múltiples y la de filtración con membrana; actualmente el mercado ofrece otras técnicas más avanzadas, pero el empleo de las técnicas tradicionales está aprobado por los estándares internacionales (Canepa, 2004).

➤ **AGUA SUPERFICIAL.**

El agua superficial es aquella que se encuentra circulando o en reposo sobre la superficie de la tierra. Estas masas de agua sobre la superficie de la tierra, forma ríos, lagos, lagunas, pantanos, charcas, humedales y otros similares, sean naturales o artificiales. (Magne, 2008).

A. Río.

Un río es una corriente natural que fluye con continuidad y siempre por gravedad discurre de las partes altas hacia las bajas. Posee un caudal determinado y finalmente desemboca en el mar, en un lago o en otro río, en este último caso se le denomina efluente. (Magne, 2008).

➤ **RÍO MONTERREY.**

El río Monterrey es un afluente del río Santa. El área de la microcuenca es de unos 10.57448876 km² aproximadamente y se encuentra ubicada a las faldas del cerro San Cristóbal y el nevado Valluna Raju, donde sus aguas son generadas de las lagunas de Aguak y Radian. El río Monterrey tiene un clima variado, con temperaturas que van desde 1.5 °C a 18 °C, con precipitaciones que van desde 500 a 1000 mm debido a las diversas zonas de vida presentes (Valladares, 1996).



Fotografía: N° 1: Vista de la cuenca del río Monterrey.

A. Fuente de Agua

La localidad de Monterrey, tiene como fuente, para el consumo de agua potable al río Monterrey, ubicada en las faldas del cerro San Cristóbal y el nevado Valluna Raju, donde sus aguas son generadas de las lagunas de Aguak y Radian.

➤ **CALIDAD DEL AGUA.**

Para decidir si un agua califica para un propósito particular, su calidad debe especificarse en función del uso que se le va a dar. Bajo estas consideraciones, se dice que un agua está contaminada cuando sufre cambios que afectan su uso real o potencial (Canepa, 2004).

1.3.2. COLOIDES.

Son en general, solidos finamente divididos que no se sedimentan por la simple acción de la gravedad pero que puedan removerse del agua mediante coagulación, filtración o acción biológica (Romero, 2002).

➤ TAMAÑO.

Las partículas coloidales en el agua por lo general presentan un diámetro entre 1 y 1.000 milimicrómetros y su comportamiento depende de su naturaleza y origen. (Canepa, 2004).

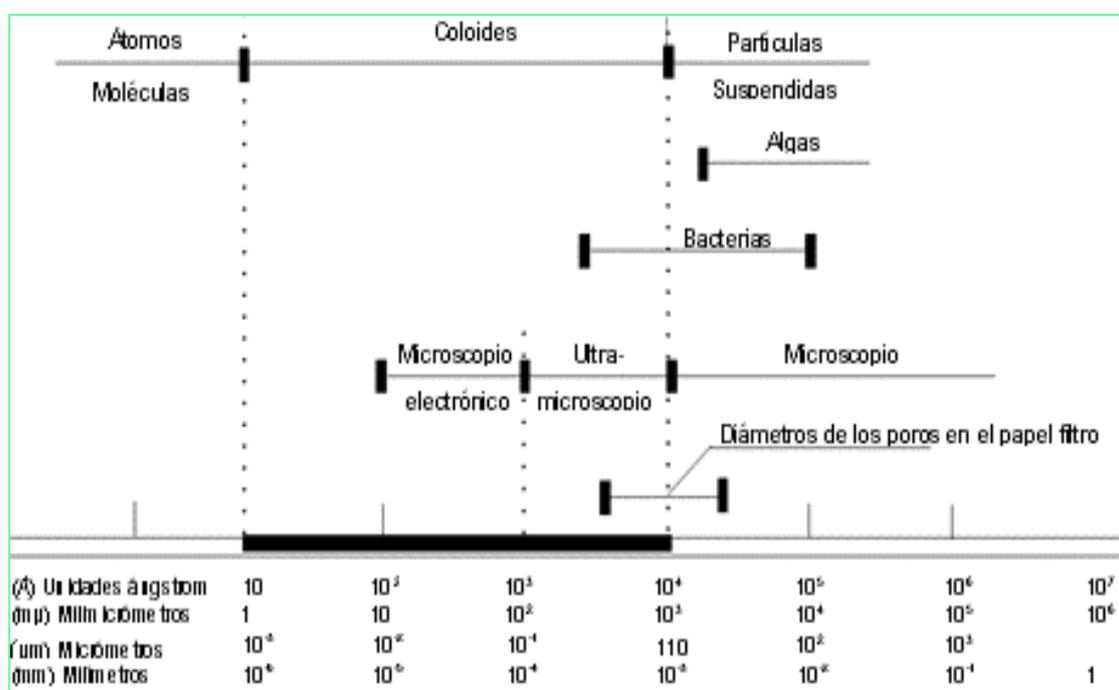


Figura N° 1: Distribución de tamaños de las partículas en el agua (Canepa, 2004).

➤ TIPOS DE COLOIDES DE ACUERDO CON SU COMPORTAMIENTO EN EL AGUA.

En el tratamiento del agua, es común referirse a los sistemas coloidales como hidrófobos o suspensores cuando repelen el agua, e hidrófilos o emulsores cuando presentan afinidad con ella. Obviamente, los coloides hidrófobos no repelen completamente al agua, pues una película de ella es absorbida por los mismos (Canepa, 2004).

➤ **PROPIEDADES DE LOS COLOIDES.**

A. Propiedades Cinéticas.

a. Movimiento browniano.

Robert Brown (1773-1858), quien observó por primera vez bajo el microscopio este movimiento constante en las partículas provenientes del polen. La teoría cinética explica este fenómeno como resultado del bombardeo desigual y casual de las partículas en suspensión por las moléculas del líquido. Al elevarse la temperatura del líquido, las moléculas adquieren mayor energía cinética (Canepa, 2004).

B. Propiedad óptica: Efecto Tyndall-Faraday.

Es un fenómeno por el cual las partículas coloidales provocan la dispersión de la luz cuando esta pasa a través de una suspensión coloidal (Canepa, 2004).

C. Propiedad de superficie: adsorción.

Las partículas coloidales se caracterizan por tener una gran superficie específica, definida como la relación entre el área superficial y la masa. Nótese el efecto de la disminución del tamaño de las esferas sobre el área total superficial y el tiempo de sedimentación requerido. (Canepa, 2004).

D. Propiedad Electrocinética: Electroforesis.

La electroforesis es un fenómeno que permite demostrar que las partículas coloidales tienen carga eléctrica. Por lo general, los coloides presentan carga negativa; es decir, en la electroforesis son atraídos por el electrodo positivo (Canepa, 2004).

➤ **ESTABILIDAD E INESTABILIDAD DE LOS COLOIDES.**

A. Carga eléctrica de los coloides.

En el agua, la mayor parte de las partículas y moléculas de sustancias húmicas poseen superficie cargada eléctricamente, usualmente negativa y dependiente de grupos presentes en la superficie sólida pueden recibir o donar protones al reaccionar con el agua y grupos superficiales pueden reaccionar en el agua con otros solutos además de protones. Por otro lado, las cargas pueden ser el resultado de imperfecciones de la estructura molecular (Canepa, 2004).

1.3.3. COAGULACIÓN.

Es el proceso que consiste en la adición de sustancias químicas al agua, para su distribución uniforme en ella y la formación de un floc fácilmente sedimentable. También se puede definir como el proceso por el cual las partículas se aglutinan en pequeñas masas con peso específico superior al del agua (Arboleda, 2000).

➤ MECANISMOS DE LA COAGULACIÓN.

A. Compresión de la doble capa.

Este modelo físico de doble capa puede explicar el fenómeno de la desestabilización de un coloide por un coagulante. (Canepa, 2004).

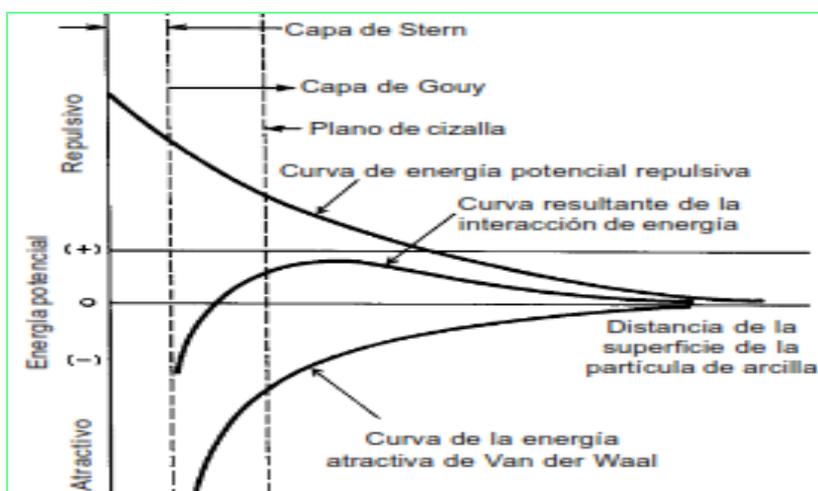


Figura N° 2: Energía potencial de interacción entre coloides (Canepa, 2004).

B. Adsorción y puente interparticular.

Puede realizarse también usando una variedad significativa de compuestos sintéticos y naturales, que gozan de la propiedad de presentar sitios ionizables a lo largo de la cadena y de actuar como coagulantes (Canepa, 2004).

➤ ETAPAS DE LA COAGULACIÓN.

- Hidrólisis de los iones metálicos multivalentes y su consecuente polimerización.
- Adsorción de las especies hidrolíticas en la interfaz de la solución sólida.
- Aglomeración de las partículas desestabilizadas mediante un puente.

➤ **TIPOS DE COAGULACIÓN.**

A. Coagulación por adsorción.

Este mecanismo es denominado neutralización de carga (también se lo llama de desestabilización-adsorción). Cuando la cantidad de coloides presente en el agua es grande, la distancia entre ellos es pequeña. Por lo tanto, es mayor la fuerza de atracción y la energía requerida para su desestabilización menor, así como el potencial zeta resultante. (Canepa, 2004).

➤ **COAGULANTES.**

Los coagulantes son las sustancias sintéticas y naturales que inducen al aglutinamiento de las partículas muy finas, ocasionando la formación de partículas grandes y pesadas (Arboleda, 2000).

A. Naturales.

Los coagulantes naturales son de origen orgánico que se encuentran en ciertas plantas y semillas (*Vicia faba*, maíz, etc.). En general, los procesos de purificación de aguas con productos naturales son cada vez más imprescindibles en zonas rurales y periurbanas como consecuencia de la alta demanda de los coagulantes sintéticos. Los coagulantes naturales son de origen orgánico, en su mayoría plantas (UNC, 2012).

B. Sintéticos.

Son compuestos orgánicos producidos por medio de la transformación química de derivados del carbón y petróleo. Incluye la mayoría de los polímeros manufacturados por la industria y de mayor venta comercialmente (Arboleda, 2000).

➤ **FACTORES QUE INFLUYEN EN LA COAGULACIÓN.**

A. La calidad del agua cruda.

Las características del agua cruda que más influyen en la eficiencia del proceso son la concentración de coloides (medida normalmente mediante la cantidad de turbiedad o color presente en el agua), la alcalinidad y el pH, el tamaño de las partículas y la temperatura. (Canepa, 2004).

B. Temperatura.

Es importante en zonas de climas muy marcados, principalmente cuando se alcanzan temperaturas de congelación. La variación de 1 °C en la temperatura del agua conduce a la fonación de corrientes de densidad de diferentes grados que afectan a la energía cinética de las partículas en suspensión (Cárdenas, 2000).

C. Dosis del coagulante.

Se determina mediante ensayos de jarras, una vez que la potabilizadora entre en funcionamiento, es variable y debe determinarse varias veces al día, en especial si llueve y cambian las características del agua cruda. (Lozano, & Lozano, 2015).

D. Concentración del coagulante.

Únicamente la realización de ensayos de prueba de jarras con el agua que se va a tratar, puesto que la concentración de la solución de coagulante puede fácilmente variarse en las estaciones de tratamiento de agua. (Canepa, 2004).

E. pH óptimo.

El pH es un factor muy importante en la coagulación. En general, el pH óptimo para la coagulación de aguas con color es más bajo (4-6), que para aguas con mayor turbiedad (6,5-8,5) (Canepa, 2004).

F. Turbiedad.

Concentraciones muy bajas de coloides requieren altas dosis de coagulantes dado que no existen suficientes partículas como para que se presente el choque entre ellas y se aglomeren; en estos casos, deberán adicionarse partículas de arcilla que incrementan la turbiedad antes de la aplicación del coagulante (Lozano, & Lozano, 2015).

1.3.4. FLOCULACIÓN.

La floculación 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 necesario para sedimentar con facilidad. Estos flóculos inicialmente pequeños, al juntarse crean aglomeraciones mayores que son capaces de sedimentar (Casas, 1992).

➤ **MECÁNICA DE LA FLOCULACIÓN.**

Tenemos la floculación pericinética o browniana, floculación ortocinética o gradiente de velocidad, sedimentación diferencial.

A. Floculación pericinética o browniana.

Corresponde al contacto entre coloides desestabilizados, causados por los movimientos erráticos de estos y cuyo origen se explica entre varios factores, por la energía térmica e iónica del agua (Lozano, & Lozano, 2015).

B. Floculación ortocinética o gradiente de velocidad.

Corresponde al contacto entre las partículas coloidales desestabilizadas, propiciado por la suave agitación del agua, inducida por el movimiento de una turbina en un dispositivo hidráulico (Lozano, & Lozano, 2015).

C. Sedimentación diferencial.

Se debe a las partículas grandes que al precipitarse colisionan con las más pequeñas que van descendiendo lentamente y se aglomeran (Lozano, & Lozano, 2015).

➤ **FLOCULACIÓN ORTOCINÉTICA O GRADIENTE DE VELOCIDAD.**

Contactos por turbulencia del líquido, esta turbulencia causa el movimiento de las partículas a diferentes velocidades y direcciones, lo cual aumenta notablemente la probabilidad de colisión. Efectivo solo con partículas mayores a un micrón. Actúa durante el resto del proceso de 20 a 30 min. Se basa en las colisiones de las partículas debido al movimiento del agua, el que es inducido por una energía exterior a la masa de agua y que puede ser de origen mecánico o hidráulico. La floculación ortocinética es promovida por agitación externa principalmente. Influyen partículas de tamaño superior al micrón y tiene relación con gradientes de velocidad del líquido.

$$R = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

Se realiza un análisis por el método de von Smoluchowsky, el cual supone tan solo dos grupos de partículas esféricas en suspensión en el líquido, con diámetros d_1 y d_2 .

Supone además que el líquido presenta un gradiente de velocidad no nulo entre uno y otro tipo de partículas. Supone, además, que el contacto entre estos dos distintos tipos de partículas genera la floculación, quedando a una distancia R entre centros. El número de choques entre partículas por unidad de volumen y por unidad de tiempo depende del caudal de la suspensión acuosa que fluye a través de la superficie circular de radio R . Si se considera la velocidad relativa entre las partículas u y el gradiente de velocidad en la dirección y como du/dy , el que puede considerarse constante entre los centros de las partículas, debido a su pequeña magnitud, es posible suponer una variación lineal de la velocidad mediante:

$$\frac{u}{y} = \frac{du}{dy}$$

Para el caudal en la sección se tiene:

$$Q = \int_s dq$$

$$q = 2audy$$

$$a = (R^2 - y^2)^{1/2}$$

Reemplazando:

$$Q = \frac{1}{6} \frac{du}{dy} (d_1 + d_2)^3$$

Si existen n_1 partículas de diámetro d_1 y n_2 partículas de diámetro d_2 por unidad de volumen y están son cantidades fijas y el gradiente de velocidad constante en toda la masa líquida, se puede expresar el número de choques entre los dos tipos de partículas por medio de:

$$\frac{dN_1}{dt} = n_1 Q$$

$$\frac{dN_1}{dt} = \frac{1}{6} n_1 G (d_1 + d_2)^3$$

$$G = \frac{du}{dy}$$

En caso que G no es constante se puede asumir un valor promedio de este y con tal definición la expresión anterior se valida para todos los casos. El número de choques de las n_2 partículas con las n_1 partículas será:

$$\frac{dN_2}{dt} = n_2 Q = \frac{1}{6} n_2 G (d_1 + d_2)^3$$

Y el número total de choques es por tanto:

$$\frac{dN_2}{dt} n_2 = \frac{dN_1}{dt} n_1 = \frac{1}{6} n_1 n_2 G (d_1 + d_2)^3$$

Que nos indica que el número de choques es proporcional a la concentración de las partículas, al gradiente de velocidad y al tamaño de estas. A medida que aumenta el tamaño de las partículas debido a choques entre ellas, su número disminuye, por lo que en definitiva disminuye el número de choques posibles. Además a medida que los flocs crecen se hace posible una posible ruptura de ellos por fuerzas de corte existentes en líquido, lo cual limita por una cota superior el valor de 'G'. Camp y Stein propusieron un esquema para comprender mejor la expresión de gradiente de velocidad 'G':

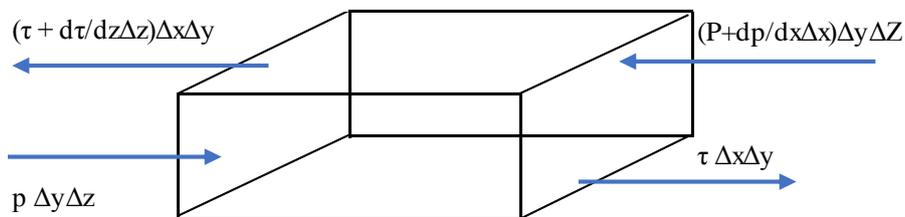


Figura N° 3: Esquema de Camp y Stein

Igualando las fuerzas se tiene:

$$\frac{d\tau}{dz} = - \frac{dp}{dx}$$

Suponiendo que el cubo puede girar por efecto de la cupla, se origina una potencia:

$$P = \tau \Delta x \Delta y \Delta z \frac{du}{dz}$$

Y la potencia por unidad de volumen:

$$\frac{P}{V} = \tau \frac{du}{dz}$$

$$\tau = \frac{\text{fuerzas de viscosidad}}{\text{superficie}} = \frac{\mu \frac{du}{dz}}{S} = \frac{du}{dz}$$

Por definición:

$$G = \frac{du}{dz}$$

$$\frac{P}{V} = \mu \left(\frac{du}{dz} \right)^2 = \mu G^2$$

Luego:

$$G = \sqrt{\frac{P}{\mu V}}$$

Este factor G es sobre el cual uno puede actuar en la floculación y de ahí su importancia. Camp estimó el valor de G para varias plantas en Estados Unidos y concluyó que su valor se mueve en el rango de 20 - 74 seg^{-1} . Se considera un valor inferior de G ya que mientras mayor es G hay mayor probabilidad de floculación y por otro lado se toma un valor superior debido a que un valor muy grande de G puede generar ruptura de los flocs ya formados por la acción de fuerzas de corte del líquido. Así cada tipo de agua contiene un valor de G dependiendo del tipo de partículas contenidas en ellas. Entre la floculación ortocinética y pericínética se tiene:

$$\frac{\left(\frac{dN}{dt}\right)_0}{\left(\frac{dN}{dt}\right)_p} = \frac{\frac{1}{6} G n_1 n_2 (d_1 + d_2)^3}{4\pi R D_{12} n_1 n_2}$$

Como:

$$R = \frac{(d_1 + d_2)}{2} \quad \text{Y} \quad D_{12} = \frac{2kT}{3\pi\mu R}$$

k: constante de Boltzmann = 1.3×10^{-6} (erg/K).

T: temperatura (K).

μ : viscosidad (g/cm²·seg).

Se puede escribir entonces:

$$\frac{\left(\frac{dN}{dt}\right)_0}{\left(\frac{dN}{dt}\right)_p} = \frac{\mu G R^3}{2kT}$$

La floculación ortocinética predomina por sobre la pericínética. Esto es trascendencia para partículas de radio inferior a 10 μm (Lozano & Lozano, 2015).

➤ FACTORES QUE INFLUYEN EN LA FLOCULACIÓN.

A. Naturaleza del agua.

Las partículas que producen la turbiedad también tienen una notable influencia en el proceso de floculación. Es más fácil flocular aguas con elevada turbiedad y que presenten una amplia distribución de tamaños de partículas (Canepa, 2004).

B. Tiempo de floculación.

Bajo determinadas condiciones existe un tiempo óptimo para la floculación normalmente entre 20 y 40 minutos. Mediante ensayos de prueba de jarras (**Lozano, & Lozano, 2015**).

C. Gradiente de velocidad.

La resistencia de los flocúlos depende de una serie de factores (de su tamaño, forma y compactación; del tamaño, forma y naturaleza de las micropartículas; y del número y forma de los ligamentos que unen a las partículas). Tekippe y Ham, realizaron un estudio teórico-práctico para determinar la influencia de la variación del gradiente de velocidad en los diversos compartimentos de un floculador (**Canepa, 2004**).

1.3.5. SEDIMENTACIÓN.

Se entiende por sedimentación la remoción por efecto gravitacional de las partículas en suspensión presentes en el agua. Estas partículas deberán tener un peso específico mayor que el fluido. La sedimentación es, en esencia, un fenómeno netamente físico y constituye uno de los procesos utilizados en el tratamiento del agua para conseguir su clarificación. (**Canepa, 2004**).

➤ TIPOS DE SEDIMENTACIÓN.**A. Sedimentación de Partículas discretas.**

Se llama partículas discretas a aquellas partículas que no cambian de características (forma, tamaño, densidad) durante la caída. Se denomina sedimentación o sedimentación simple al proceso de depósito de partículas discretas. (**Canepa, 2004**).

B. Sedimentación de partículas floculentas.

Partículas floculentas son aquellas producidas por la aglomeración de partículas coloides desestabilizadas a consecuencia de la aplicación de agentes químicos. Se denomina sedimentación floculenta o decantación al proceso de depósito de partículas floculentas. (**Canepa, 2004**).

➤ **FACTORES QUE INFLUYEN EN LA SEDIMENTACIÓN.**

A. Calidad de agua.

Las variaciones de concentración de materias en suspensión modifican, la forma de sedimentación de las partículas, así como las propiedades de las partículas modifican la forma de depósito. Las variaciones de concentración de partículas o de temperatura producen variaciones de densidad del agua y originan corrientes cinéticas o térmicas que, a su vez, generan cortocircuitos hidráulicos en las unidades **(Canepa, 2004)**.

1.3.6. FILTRACIÓN.

La filtración consiste en la remoción de partículas suspendidas y coloidales presentes en una suspensión acuosa que escurre a través de un medio poroso. En general, la filtración es la operación final de clarificación que se realiza en una planta de tratamiento de agua y, por consiguiente, es la responsable principal de la producción de agua de calidad coincidente con los estándares de potabilidad **(Canepa, 2004)**.

1.3.7. DESINFECCIÓN.

La desinfección es el último proceso unitario de tratamiento del agua y tiene como objetivo garantizar la calidad de la misma desde el punto de vista microbiológico y asegurar que sea inocua para la salud del consumidor. Si bien la práctica muestra que los procesos de coagulación, sedimentación y filtración remueven el mayor porcentaje de microorganismos patógenos del agua, la eficiencia de los mismos no llega al 100%. En términos prácticos, desinfectar el agua significa eliminar de ella los microorganismos existentes. En la desinfección se usa un agente físico o químico para destruir los microorganismos patógenos **(Canepa, 2004)**.

1.3.8. COAGULANTES NATURALES.

Son de origen vegetal que actúan de modo similar a los coagulantes sintéticos, aglomerando las partículas en suspensión que contiene el agua cruda, facilitando su sedimentación y reduciendo la turbidez inicial de esta **(García, 2007)**.

➤ **COAGULANTES NATURALES EN EL PERÚ.**

En el Perú existe una diversificación de coagulantes naturales, las cuales se encuentran en las plantas, flores, semillas, etc. Así como las semillas en polvo (el haba). Son una fuente alternativa con un gran potencial que aún no se ha explotado. Por lo general presentan una mínima o nula toxicidad, en muchos casos son productos alimentarios, con alto contenido de carbohidratos y proteínas. Entre el grupo de sustancias conocidas que poseen estas propiedades aglomerantes. Tienen alta efectividad para aguas con una baja turbidez (**García, 2007**).

1.3.9. EL HABA (*VICIA FABA*).

El haba (*Vicia faba*) es un cultivo tradicional de la zona sierra del Perú. El haba constituye un componente importante en el consumo de amplios sectores de la población rural y urbana, ya sea en grano verde o seco. Esta leguminosa, es conocida desde tiempos antiquísimos, según se desprende de los hallazgos en palafitos del Neolítico (2300 años a.C.), y sirvió como alimento al hombre de esa época en la cuenca mediterránea (**FAO, 2006**).

➤ **ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA.**

El haba tiene como centros de origen a Europa, Asia Central y Abisinia., extendiéndose rápidamente por todo la cuenca de la mediterránea (**Kay, 1979**).

El cultivo del haba, se extendió casi desde el mismo comienzo de la agricultura, extendiéndose a través de la ruta de la Seda hasta China, e introducido en América, tras el descubrimiento del nuevo mundo. El cultivo de esta leguminosa, se ha convertido desde hace mucho tiempo en cultivo tradicional de las comunidades indígenas y campesinas de la sierra Peruana.

➤ **PRODUCCIÓN DE HABA.**

El haba se cultiva en todo el mundo. Su cultivo en varios países de Europa y América latina (especialmente Bolivia, Ecuador, Venezuela y Perú), especialmente en zonas frías y templadas. El haba se desarrolla casi en todo tipo de suelos. Pero en suelos

muy ligeros, húmedos o secos nose adapta. Por otra parte se adapta a las condiciones de las zonas altas (Cubero, 1983).

Tabla N° 1: Producción y rendimiento de haba grano seco por meses, Perú (2017 - 2018).

Cultivos	Año	Ene-May	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene-Dic
Haba grano seco	2017	24,882	11	37	243	8,502	16,088	26,002	16,450	3,806	1,524	91	38	27	72,818
	2018	27,516	46	86	101	8,270	19,012								

Fuente: MINAGRI, 2018

Tabla N° 2: Producción y rendimiento de haba grano seco, región Ancash (2017 - 2018).

Región	Años	Haba seca
Total nacional	2017p/	24,882
	2018p/	27,516
Ancash	2017	133
	2018	301

Fuente: MINAGRI, 2018

➤ **CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL HABA.**

La planta del haba pertenece a la División: Spermatophyta, Subdivisión: Angiospermae, Clase: Dicotyledoneae, Subclase: Rosidae, Orden: Fabales, Familia: Fabaceae, Tribu: Viciae, Género: Vicia y Especie: Vicia faba (Cronquist, 1981).

➤ **ESTRUCTURA DE LA SEMILLA DEL HABA.**

Las envueltas seminales, que se encuentran formando la testa o cascarilla, son capas que rodean completamente a la semilla, la protegen de posibles agresiones del medioambiente y regulan los intercambios que se producen entre el interior y el exterior de la semilla. El eje embrionario está formado por dos partes íntimamente unidas entre sí: la parte que está por encima del par de cotiledones es el epicotilo y dará lugar al brote terminal de la planta formadora de las hojas, y la parte que está por debajo de los cotiledones es el hipocotilo, que al crecer por su extremo libre, denominado radícula (Kadam *et al.*, 1989).

➤ **VARIETADES DISPONIBLES DEL HABA.**

La denominación botánica de las habas es *Vicia faba*. Se considera que es una especie dividida en variedades botánicas como: mayor, de semilla grande; equina, con semilla de tamaño intermedio y menor, con semilla de tamaño pequeño (Cubero, 1974).

A. Variedad Mayor.

La variedad mayor en tanto, presenta semillas aplanadas y alargadas, con pesos sobre 1 gr, teniendo vainas largas, con cuatro a cinco semillas, siendo ésta una de las de mayor uso hortícola. La variedad botánica mayor se puede encontrar en el mediterráneo sur, China y Latinoamérica (Duc, 1997).

B. Variedad Equina

La variedad equina presenta semillas aplanadas lateralmente, de 0,4 a 0,6 gr de peso cada una, con vainas largas conteniendo tres a cuatro óvulos (Faiguenbaum, 2003).

C. Variedad Minor

Según la variedad minor presenta semillas ovaladas y suaves, con vainas cortas que poseen dos o tres óvulos (Tamas, 1998).

1.3.10. HARINA DE HABA (VICIA FABIA)

La harina de haba es muy conocida por sus propiedades alimenticias y son muy ricas en calorías y proteínas. Se debe destacar la importancia de la harina de haba y sus propiedades funcionales en la alimentación humana y la medicina (Kadam, 1989).

	Carbohidratos	55 g.
	Calcio	92 mg.
	Hierro	3.5 mg.
	Fósforo	320 mg.
	Fibra	2.6 g.
	Grasa Vegetal	1.7 g.
	Proteína	2.4 g.
	Calorías	332 g.

Fotografía N° 2: Composición de la harina de haba por 100gr.

➤ **DESCRIPCIÓN.**

Los granos de haba se someten a diversas pruebas para determinar la cantidad de impurezas, humedad, granos dañados, tipos de granos, etc. (**Kadam et al., 1989**).

➤ **COMPOSICIÓN QUÍMICA.**

Son muy ricas en calorías y proteínas. Además contienen vitaminas (C, A, E, B1 y B2) y (tiamina, niacina y folatos). Además contienen minerales como potasio, fósforo, sodio, calcio, hierro, magnesio, cloro, cobre yodo y Zinc. Además contiene antioxidantes, lecitina, colina, hidratos de carbono, fibra y beta carotenos.

➤ **CARACTERÍSTICAS.**

A. Físicas y Químicas.

Posee proteínas y vitaminas. Así como también color, olor y textura.

➤ **PROPIEDADES.**

Son nutritivas por su contenido en vitaminas A, grupo B (B1, B2, B3, B6, B9), C y minerales, destacando en particular el hierro, calcio, fósforo, potasio. Así mismo ayuda a mejorar los síntomas del Alzheimer y párkinson (**Kadam et al., 1989**).

A. Solubilidad.

La solubilidad o dispersabilidad del material proteico, representa la capacidad que posee una micela proteica de formar una solución coloidal. Por tanto depende del pH, temperatura, fuerza iónica y concentración de la solución (**Kadam et al., 1989**).

➤ **USO.**

A. Alimentos.

El haba puede emplearse en la alimentación humana tanto para consumo en fresco y grano seco. Aporta hidratos de carbono, proteínas, fósforo, magnesio y hierro, siendo estos valores más altos en el haba seca que en la fresca (**Kadam et al., 1989**).

B. Industria.

En la industria son usados en la producción de espaguetis, panes, galletas como por ejemplo los michirones, que son ricas en carbohidratos y proteínas. Así como también en la industria de la medicina cataplasmas preparadas con harina de haba desinflan y ablandan los tumores (especialmente del pecho), curan la pulmonía, erisipela, sarampión, viruela, almorraña y muchas otras enfermedades. Mezclada con otros elementos, se preparan pomadas para limpiar manchas y pecas de la cara (**Kadam et al., 1989**).

C. Tratamiento de aguas superficiales

Existen pocos estudios de investigación, sobre el uso del haba para el tratamiento del agua superficial, debido a su poco conocimiento de sus propiedades coagulativas, que permiten la remoción de la turbiedad del agua superficial. Por tanto el haba (*Vicia faba*), en este caso la harina de haba, posee propiedades coagulativas, que son favorables para la remoción de la turbiedad, para ser utilizadas en las zonas rurales, debido a su bajo costo de aplicación.

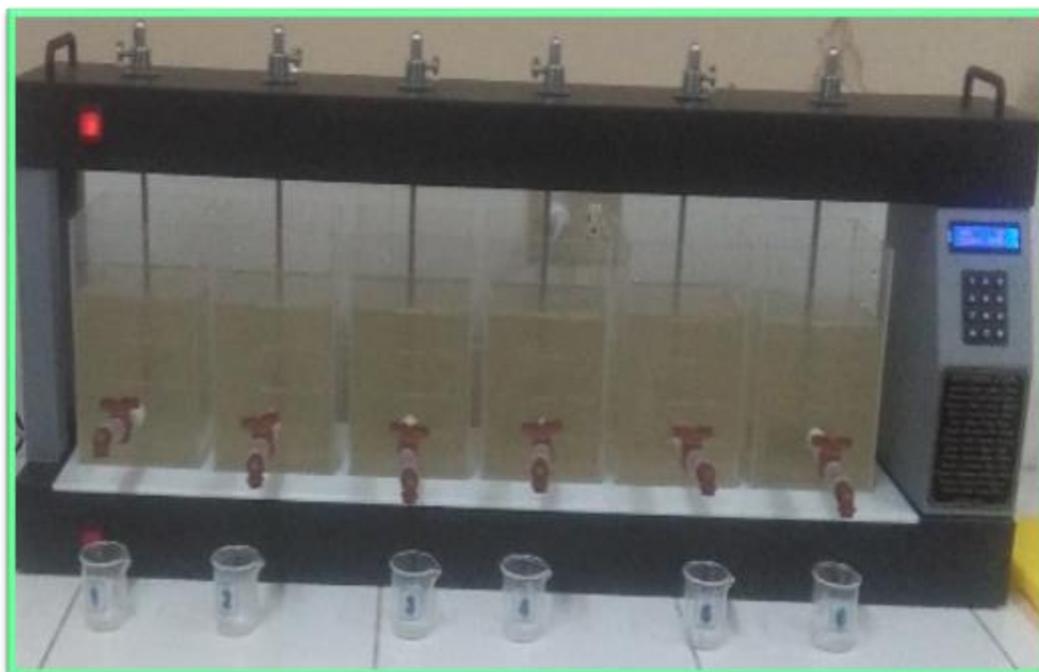
1.3.11. PRUEBA DE JARRAS.

La prueba de jarras es la técnica más extensamente usada para determinar la dosis de un coagulante y otros parámetros para la potabilización del agua. En ella también se tratan de simular los procesos de coagulación, floculación y sedimentación a nivel de laboratorio.

➤ EQUIPO DE PRUEBA DE JARRAS.

En el laboratorio, uno de los equipos más usados en el tratamiento de las aguas como elemento de control de la coagulación es el equipo de prueba de jarras. G. W. Fuller, J. Cairol y E. Theirault son precursores de la prueba de jarras como modelo predictivo. Probablemente el primer ensayo de prueba de jarras fue realizado por W. L. Langelier en la universidad de California en 1918. Las primeras aplicaciones y el desarrollo inicial corresponden a John Baylis, Bartow y Petterson, Fleming, Nolte y Kromer. Aportes tecnológicos posteriores fueron realizados por Tolman, Niekel, Gekershausen, Langelier Ludwig, Cross et al., C. Henry, Smith, Straub, Elliassen,

Norcon, Cox y otros, que perfeccionan continuamente el ensayo y lo aplican con éxito a diversas condiciones de coagulación de las aguas. Estos autores orientaron principalmente el modelo de prueba de jarras hacia la determinación y optimización de las variables químicas del proceso de coagulación (Canepa, 2004).



Fotografía N° 3: Equipo de prueba de jarras.

1.4. REALIDAD PROBLEMÁTICA.

Propiciar condiciones que mejoren el bienestar social y la calidad de vida, tanto para las generaciones actuales, como para las futuras. Es una meta que se propone cada entidad pública y privada, así como el gobierno central del Perú, gobierno regional, gobiernos municipales y gobiernos locales. La calidad del agua es muy importante para el consumo humano, ya que su impacto es directo con la salud y en la calidad de vida del ser humano. En la actualidad la demanda del uso de coagulantes químicos para la potabilización del agua va en forma creciente, generando costos en su producción del agua potable, agravándose esto en las zonas rurales, debido a los pocos recursos económicos que poseen la población. El impacto de esas condiciones desfavorables, asociadas con factores como la desnutrición, se refleja en altos índices de morbilidad y mortalidad, principalmente infantil, y en una alta incidencia de enfermedades como las infecciones gastrointestinales y/o respiratorias, en las que el factor ambiental y la pobreza desempeñan un papel importante (OPS, 1992).

El problema de la salud pública, se basa a la poca capacidad de abastecimiento y a la carencia del monitoreo de calidad del servicio de agua potable, para mejorar los niveles de calidad de vida, y el índice de desarrollo humano. A pesar que el agua superficial, posee un bajo nivel de turbiedad en épocas de estiaje y en épocas de avenida aumenta el nivel de turbiedad, debido a que en su recorrido afluyen las aguas de los riachuelos, acequias con gran cantidad de residuos sólidos y líquidos, ya sean naturalmente o artificialmente. Por tanto su tratamiento requiere mayor inversión económica, debido a que la demanda del coagulante aumente en la época de avenida.

Por este motivo, en el presente estudio de investigación se plantea, en el uso del coagulante *Vicia faba*, para determinar los parámetros hidráulicos en el proceso de la floculación ortocinética para la remoción de turbiedad del río Monterrey. El presente estudio de investigación tiene como finalidad contribuir al uso de coagulantes naturales (*Vicia faba*), para el tratamiento de aguas superficiales, con una concepción que el consumo de agua potable, sea más saludable y no genera efectos secundarios en la salud de las personas. Por tanto en el presente estudio de investigación se pretende utilizar alternativas de uso de coagulantes naturales *Vicia faba*, y sea sostenible a costos mínimos, para implementar en el tratamiento de las aguas superficiales del río Monterrey, así como también en las zonas rurales.

1.5. FORMULACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1.5.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

El presente estudio de investigación formula la siguiente interrogante:

¿El uso de la vicia faba, para determinar los parámetros hidráulicos en el proceso de la floculación ortocinética para la remoción de la turbiedad del río Monterrey, resultará ser eficiente?

1.5.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En la actualidad el uso y la dependencia de coagulantes sintéticos, en el tratamiento de las aguas, generan grandes costos. Los coagulantes naturales, pueden disminuir en su parte o en su totalidad el uso de coagulantes sintéticos. Ya que por lo general

los coagulantes naturales presentan una mínima o nula toxicidad, por ello se hace necesaria e imprescindible el uso de los mismos teniendo en cuenta las realidades socio económicas del medio local. En el medio local la producción del haba, se encuentra en las diversas zonas andinas del Perú (departamento de Ancash, localidad de Huaraz y el callejón de Huaylas), ya sea en grano verde, grano seco, polvo o harina de haba, por la cual surge la necesidad de aprovechar su uso, para realizar el presente estudio de investigación para el tratamiento de aguas del río Monterrey. Por tanto la utilización y dependencia de coagulantes sintéticos, para el tratamiento de las aguas, generan grande costos, así como también generando efectos secundarios por su acumulación en varios tejidos como el hígado, huesos, cerebro, produciendo anemia, dolores, deformaciones y fracturas en los huesos. Por la cual se pretende utilizara la vicia faba como coagulante natural en el proceso de potabilización del agua, con la finalidad de disminuir la turbiedad del agua del río Monterrey, así como también para minimizar los costos de operación.

¿El uso de la vicia faba, para determinar los parámetros hidráulicos en el proceso de la floculación ortocinética para la remoción de la turbiedad del agua del río Monterrey, resultará ser eficientemente?

1.6. JUSTIFICACIÓN.

El agua es esencial e imprescindible para la vida. El problema de abastecimiento del agua potable y la tratabilidad del agua con coagulantes sintéticos para potabilizarla, viene generando grandes costos, así como también es un tema que está inmerso en el interés de toda la población. Por la cual es necesario realizar esta investigación, con respecto al uso de la *Vicia faba* como coagulante natural para la tratabilidad del agua del río Monterrey.

1.6.1. JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL.

Con el uso de la vicia faba como coagulante natural para la tratabilidad del agua del río Monterrey, se está proponiendo dejar de utilizar los coagulantes sintéticos, ya sea parcialmente o en su totalidad con la finalidad de reducir los impactos negativos generados en el organismo del hombre.

1.6.2. JUSTIFICACIÓN SOCIAL.

Al utilizar la vicia faba como coagulante natural para la tratabilidad del agua del río Monterrey, se mejorara las condiciones de vida de la población, ya que según los estudios realizados en la actualidad han reportado que la acumulación de coagulantes sintéticos (sulfato de aluminio) en el organismo del hombre son causantes del cáncer, por su composición química.

1.6.3. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA.

Al utilizar la vicia faba como coagulante natural para la tratabilidad del agua del río Monterrey, se reducirán los costos para su potabilización. Ya que el uso de los coagulantes sintéticos serán mínimos o casi nada.

1.7. OBJETIVOS.

1.7.1. OBJETIVO GENERAL.

- Determinar los parámetros hidráulicos, en la floculación ortocinética, utilizando la *Vicia faba*, para la remoción de turbiedad del río Monterrey.

1.7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Determinar los parámetros hidráulicos: la gradiente de velocidad, en la floculación ortocinética, utilizando la vicia faba, para la remoción de turbiedad del río Monterrey.
- Determinar la dosis, concentración y PH óptimo de la Vicia faba.
- Determinar la eficiencia de la Vicia faba como coagulante natural, en relación a la remoción de turbiedad del río Monterrey.

1.8. HIPÓTESIS.

“El uso de la vicia faba, para la determinación de los parámetros hidráulicos en el proceso de la floculación ortocinética para la remoción de la turbiedad del agua del río Monterrey, resulta ser eficientemente”.

CAPITULO II.

MARCO METODOLÓGICO

2.1. METODOLOGÍA.

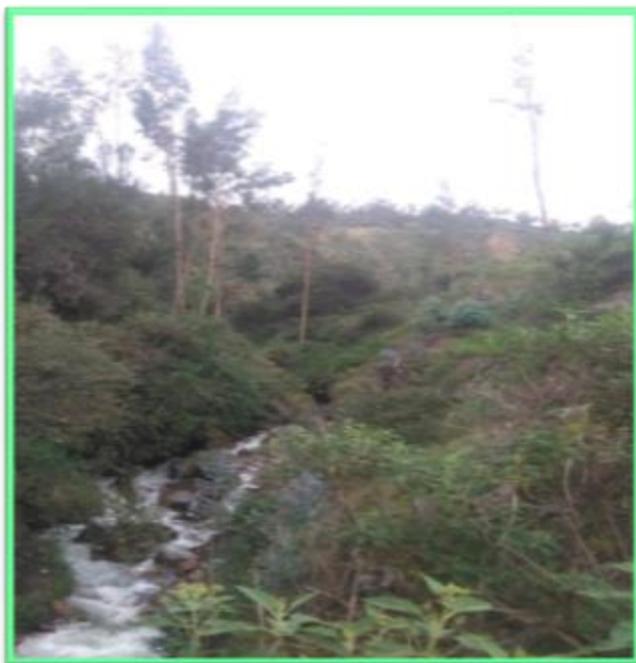
La metodología empleada para realizar el estudio experimental se describe a continuación:

2.1.1. PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DEL COAGULANTE VICIA FABA.

- En primer lugar se realizó la compra de la semilla de haba de la variedad tradicional (intermedio entre la variedad mayor y equina).
- Seguidamente se procede a realizar el pelado de la semilla de haba.
- Luego se procedió a moler el haba, para obtener la harina de haba.
- Luego se obtuvo la harina haba, después del proceso de trituración o molido.
- Seguidamente se procedió a cernir la harina de haba, para la uniformidad de la granulometría de la harina de haba.
- Durante la investigación se usó 1.00 kilogramos de harina de haba como coagulante natural, para el tratamiento del agua del río Monterrey.
- La compra de la semilla de haba se realizó del mercado de abastos de la ciudad de Huaraz, en el mes de febrero del 2017.

2.1.2. PROCESO DE RECOLECCIÓN DE LAS MUESTRAS DEL AGUA DEL RÍO MONTERREY.

Para el proceso de recolección de las muestras de agua del río Monterrey, se contó con 09 unidades de baldes de 20 l, 01 balde de 5 l, 2 ayudantes y una movilidad (taxi) para el traslado hasta el laboratorio de Calidad Ambiental de la UNASAM. La compra de los materiales antes mencionados se realizó en el mes de marzo del 2017.



Recolección de la muestras de agua del río Monterrey.

Fotografía N° 4: Proceso de recolección de la muestra del agua del río Monterrey.

2.1.3. PRUEBA DE JARRAS.

El test de jarras, consiste en realizar los procesos (coagulación, floculación y sedimentación) de simulación de tratabilidad del agua, realizados a nivel de laboratorio; para la cual se utiliza el equipo de prueba de jarras que tiene 6 jarras con capacidad de 2l.

Mediante el test de jarras se determinara la dosis, concentración, pH, mediante la suministración del coagulante natural *Vicia faba*, con el propósito de obtener su máxima eficiencia en la tratabilidad del agua del río Monterrey en el proceso de la sedimentación.

Procedimientos del test de jarras



Medición de la Turbiedad y el pH del agua cruda y del agua tratada.



Proceso de pesado de harina de haba.



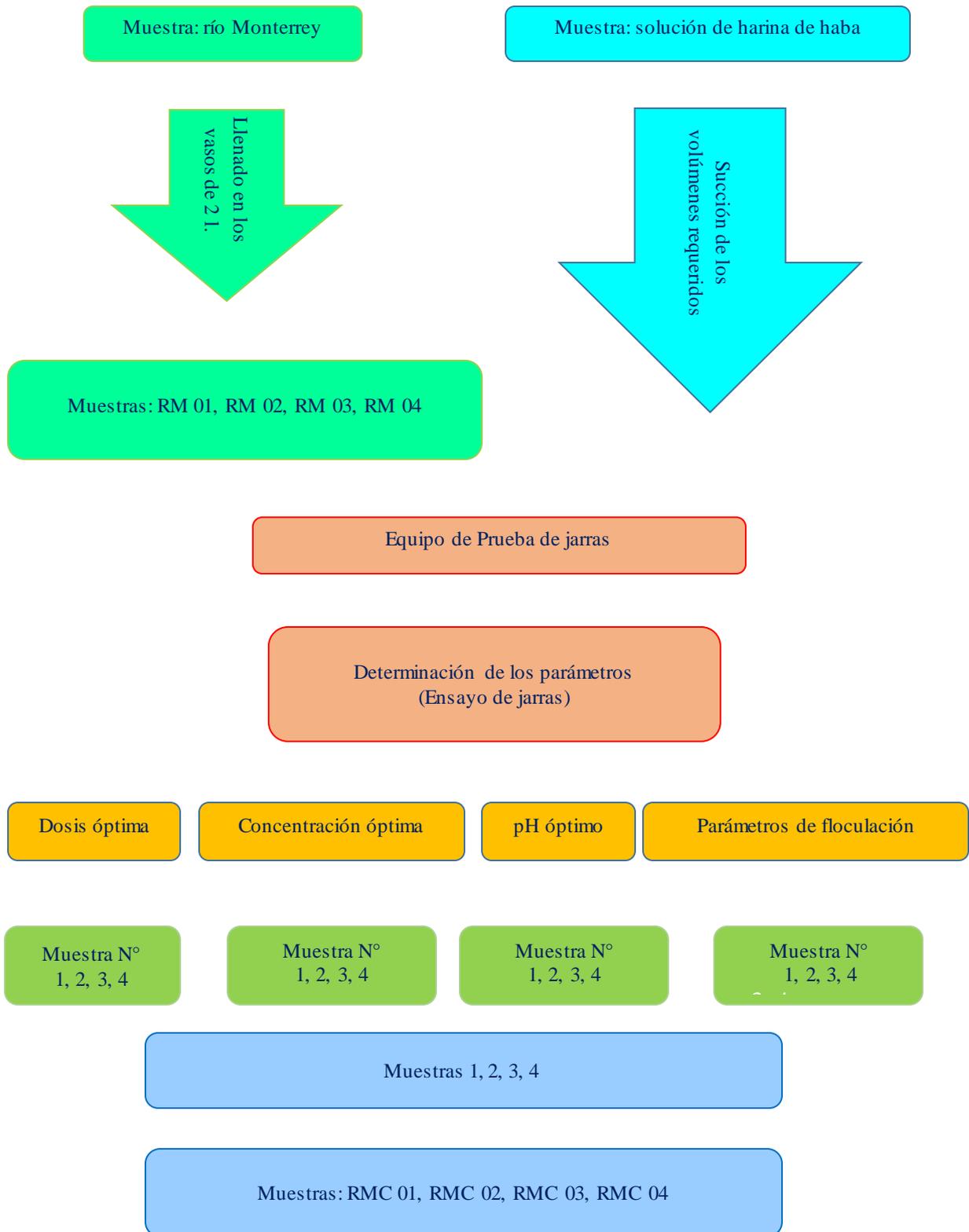
Llenado de la muestra (agua cruda + solución de harina de haba), para determinar la dosis, concentración, pH óptima del coagulante (*Vicia faba*).

Fotografía N° 5: Procedimientos del test de jarras.

➤ PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.

Para realizar la determinación de la dosis óptima, concentración óptima, pH óptimo, parámetros de floculación, se caracterizó los parámetros de turbiedad, pH de las muestras del agua cruda (agua del río Monterrey).

Procedimientos para la determinación de la calidad del agua cruda y tratada,
Dosis, Concentración y pH óptimo del coagulante natural *Vicia faba*.



A. Determinación de Dosis Óptima.



Fotografía N° 6: Proceso de determinación de Dosis óptima de *Vicia faba*.

- Se llenan las 6 jarras de 2000 ml, con la muestra del agua cruda del río Monterrey.
- Se procede a pesar la harina de haba (*Vicia faba*), para luego ser preparado la solución, seguidamente se succiona y se mide los volúmenes de la solución con las jeringas hipodérmicas, para ser agregados a las jarras antes mencionadas.
- Se enciende el equipo de la prueba de jarras, se hace girar las paletas del equipo, se programa la velocidad a 300 RPM por 10 seg. Para la simulación de la mezcla rápida e inyectamos el contenido de la solución de cada jeringa a cada jarra correspondiente, en forma simultánea. Seguidamente se disminuye la velocidad a 32 RPM por 20 min., para la simulación de la mezcla lenta (Floculación).
- Se deja sedimentar el agua por un tiempo de 16 minutos (Decantación).
- Se toma las muestras de cada jarra. Seguidamente se mide la turbiedad residual de cada jarra. Seleccionamos como dosis optima, aquella que produce la mayor remoción de turbiedad.

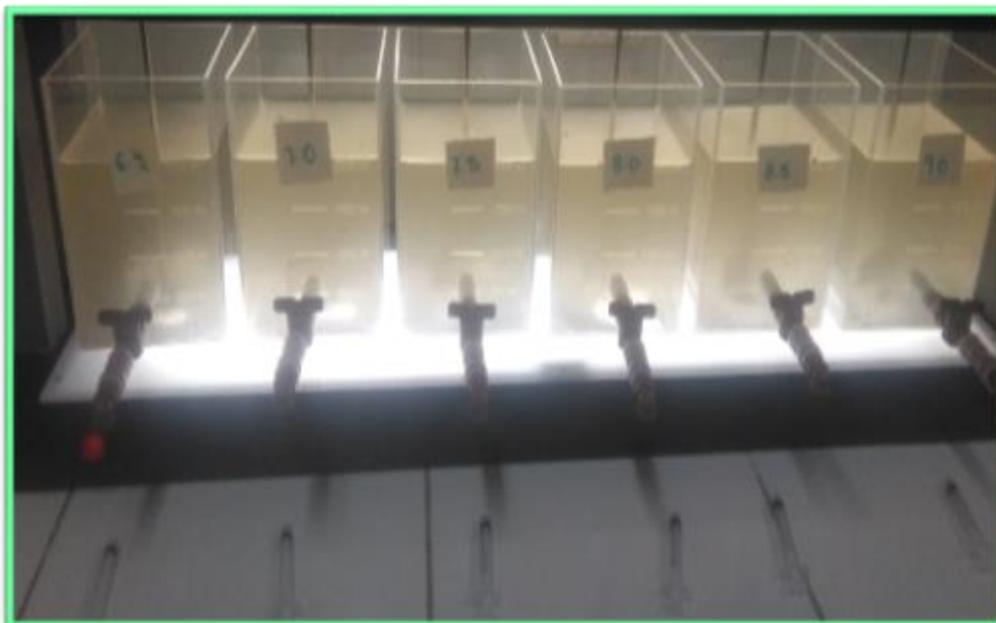
B. Determinación de la Concentración Óptima.



Fotografía N° 7: Proceso de determinación de Concentración óptima de *Vicia faba*.

- Se llenan las 06 jarras de 2000 ml, con la muestra del agua cruda.
- Con la dosis óptima hallada en la prueba anterior seleccionamos los rangos de concentración del coagulante *Vicia faba*, preparamos la solución, succionamos y medimos los volúmenes de solución con las jeringas hipodérmicas, para luego ser agregados a las jarras antes mencionadas.
- Se pone a funcionar el equipo de la prueba de jarras y se hace girar las paletas del equipo, a una velocidad de 300 RPM por 10 seg. Para la simulación de la mezcla rápida e inyectamos el contenido de cada jeringa en la jarra respectiva, en forma simultánea. Seguidamente se disminuye la velocidad a 32 RPM por 20 min., para la simulación de la mezcla lenta (Floculación).
- Dejamos sedimentar el agua por un tiempo de 16 min. (Decantación). Se toma las muestras de cada jarra y medimos la turbiedad residual de cada jarra. Seleccionamos como concentración óptima, aquella que produce la mayor remoción de turbiedad.

C. Determinación del pH Óptimo.



Fotografía N° 8: Proceso de determinación del pH óptimo del coagulante *Vicia faba*.

- Utilizamos la muestra que estuvo previamente preparada para cada pH seleccionado en cada balde de 2000 ml con (pH: 6.5, 7.00, 7.5, 8.00, 8.50, 9.00). Seguidamente llenamos las 06 jarras de 2000 ml, con el agua previamente preparada.
- Se prepara la solución con la dosis óptima y concentración óptima determinados en el anterior ensayo. Y se procede a succionar los volúmenes requeridos con la jeringa hipodérmica, para ser agregados a cada jarra.
- Se hace girar las paletas del equipo, a una velocidad de 300 RPM por 10 seg. Para la simulación de la mezcla rápida e inyectamos el contenido de cada jeringa en la jarra respectiva, en forma simultánea.
- Seguidamente se disminuye la velocidad a 32 RPM por 20 min., para la simulación de la mezcla lenta (Floculación).
- Dejamos sedimentar el agua por 16 min. (Decantación).
- Se toma la muestra de cada jarra y medimos la turbiedad residual de cada jarra. Seguidamente seleccionamos como pH óptima, aquella que produce la mayor remoción de turbiedad.

D. Proceso de filtración.

Se mezclan las tres muestras (solución de la dosis óptima, solución de la concentración óptima, solución del pH óptimo) para homogenizar la solución y se procede a realizar el proceso de la filtración mediante el uso del papel filtro. Seguidamente se toma la muestra del agua filtrada, para ser analizadas y reportadas por el laboratorio de calidad ambiental – FCAM, como son los parámetros de: Alcalinidad, Conductividad, Color, Dureza Total, pH, Temperatura, Turbiedad, Nitritos, Aluminio Total, Hierro Total, Cromo total, Manganeso Total, Coliformes Fecales.



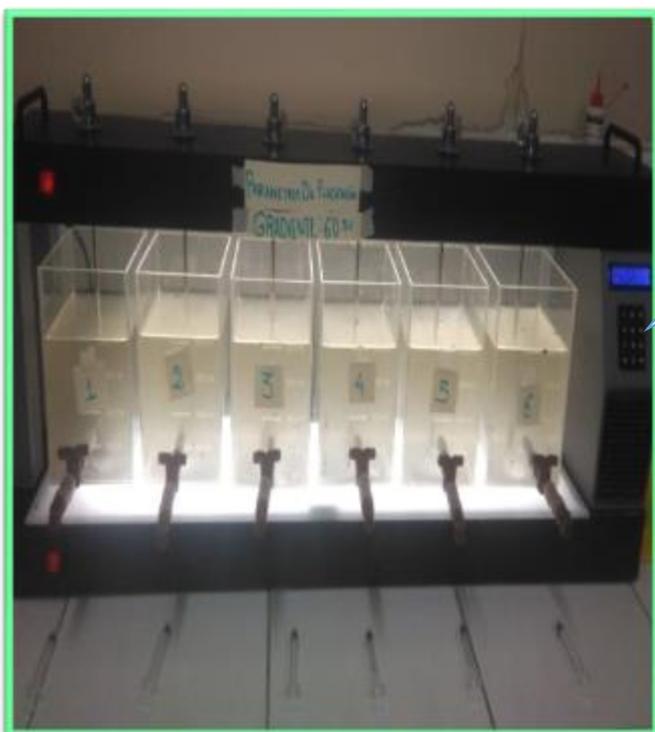
Análisis de los parámetros: Alcalinidad, Conductividad, color, Dureza Total, pH, Temperatura, Turbiedad, Nitritos, Aluminio Total, Hierro Total, Manganeso Total, cromo total, Coliformes Fecales.

Fotografía N° 9: Proceso de filtración de las muestras obtenidas.

E. Determinación de los Parámetros de Floculación.

- Se llenan las 6 jarras con una muestra del agua cruda que se va a flocular.
- Se enciende y se pone a funcionar el equipo de prueba de jarras a una velocidad de 300 RPM por 10 seg. Para la simulación de la mezcla rápida, seguidamente se aplica la dosis de modificador de pH y la dosis óptima de coagulante determinado en el anterior ensayo.
- Al finalizar la mezcla rápida, se iniciará el proceso de floculación, para lo cual se habrá ajustado la memoria del equipo para uno de los gradientes de velocidad seleccionados (80 s-1, 60 s-1, 40 s-1 y 20 s-1).

- Luego de iniciada la floculación, a los 5 minutos se retira la primera jarra, se deja sedimentar durante 10 minutos y se toma la muestra. Después de 10 minutos, se retira la segunda; luego de 15, la tercera; y así sucesivamente, hasta que a los 30 minutos se retira la última. Con cada jarra se procede de modo similar.
- Se determina la turbiedad residual (T_f) a cada muestra, se calcula la eficiencia remocional (T_f/T_o) y se registran los datos.
- Luego se repite el mismo ensayo para cada valor del gradiente de velocidad de acuerdo con el intervalo seleccionado (20 s-1, 40 s-1, 60 s-1 y 80 s-1).
- Se graficó en escalas aritméticas la eficiencia remocional (T_f/T_o) versus los tiempos de floculación de cada una de las jarras de las que proceden las muestras analizadas. En este gráfico se determina el tiempo total de floculación, en función del punto en que se produce el menor valor de T_f/T_o .



Proceso de selección de los gradientes s-1, (80 s-1, 60 s-1, 40 s-1 y 20 s-1). Para luego ser programadas en el equipo.



Proceso del control de los tiempos (minutos) para cada gradiente programado en el equipo, para la muestra correspondiente.



Proceso de medición de la turbiedad residual de cada vaso, la cual se lleva a cabo cada (5, 10, 15, 20, 25, 30 minutos) sucesivamente, después del proceso de sedimentación para cada gradiente s-1.

Fotografía N° 10: Proceso de determinación de los parámetros de floculación.

➤ **MATERIALES, INSUMOS Y EQUIPOS.**

A. Materiales:

- Vasos de 2000 ml.
- Vasos de 50, 100, 1000 ml.
- Pipeta.
- Baldes de 2, 5, 20 litros.
- Jeringas de 1 ml, 2 ml, 5 ml, 10 ml, 20 ml.
- Espátula.
- Varilla.
- Piseta.
- Jarras de 500 ml, Matraz de 1000 l.
- Molino.
- Papel filtro.
- Plumones, Lapiceros.
- Lápiz, tajador, Borrador.
- Tijera.
- Cernidor.
- Embudo.
- Cinta masquin.

B. Insumos:

- Agua destilada.
- Harina de habas (Vicia faba).
- Cal.
- Ácido sulfúrico.

C. Equipos:

- Balanza.
- Turbidímetro
- Medidor de PH
- Prueba de jarras.
- Cronometro.
- Cámara fotográfica.

2.2. TIPO DE ESTUDIO.

2.2.1. SEGÚN SU PROPÓSITO O APLICACIÓN:

➤ APLICADA:

El presente estudio es de tipo aplicada por que está orientada a lograr un nuevo conocimiento con la finalidad de obtener alternativas en el tratamiento del agua potable mediante la determinación de los parámetros hidráulicos en la floculación ortocinética utilizando la *Vicia faba*, para la remoción de turbiedad del río Monterrey.

2.2.2. SEGÚN SU NATURALEZA, PROFUNDIDAD Y/O ALCANCE:

➤ EXPLICATIVA:

El presente estudio es de tipo experimental. Debido a que todas las muestras serán tomadas de la fuente del río Monterrey, en recipientes de plástico de 20 litros y trasladadas inmediatamente al laboratorio de la FCAM, para realizar las pruebas las veces que sean necesarias para la determinación de los parámetros hidráulicos en la floculación ortocinética utilizando la *Vicia faba*, para la remoción de turbiedad del río Monterrey.

2.3. DISEÑO.

Un diseño de investigación puede ser definido como una estructura u organización esquematizada que adopta el investigador para relacionar y controlar las variables de estudio. El concepto de diseño ha sido estudiado se adecua más para el caso de los estudios experimentales (Sánchez, C. & Reyes, M. 1996). Una de las acepciones que le asigna al diseño se refiere a la forma específica en que se van a disponer o formarse los diferentes grupos experimentales (Jaime Arnau, 1988). Por tanto el tipo de diseño de investigación es de tipo experimental, ya que se van manejar cuatro grupos o muestras con sus respectivas variables dependientes e independientes.

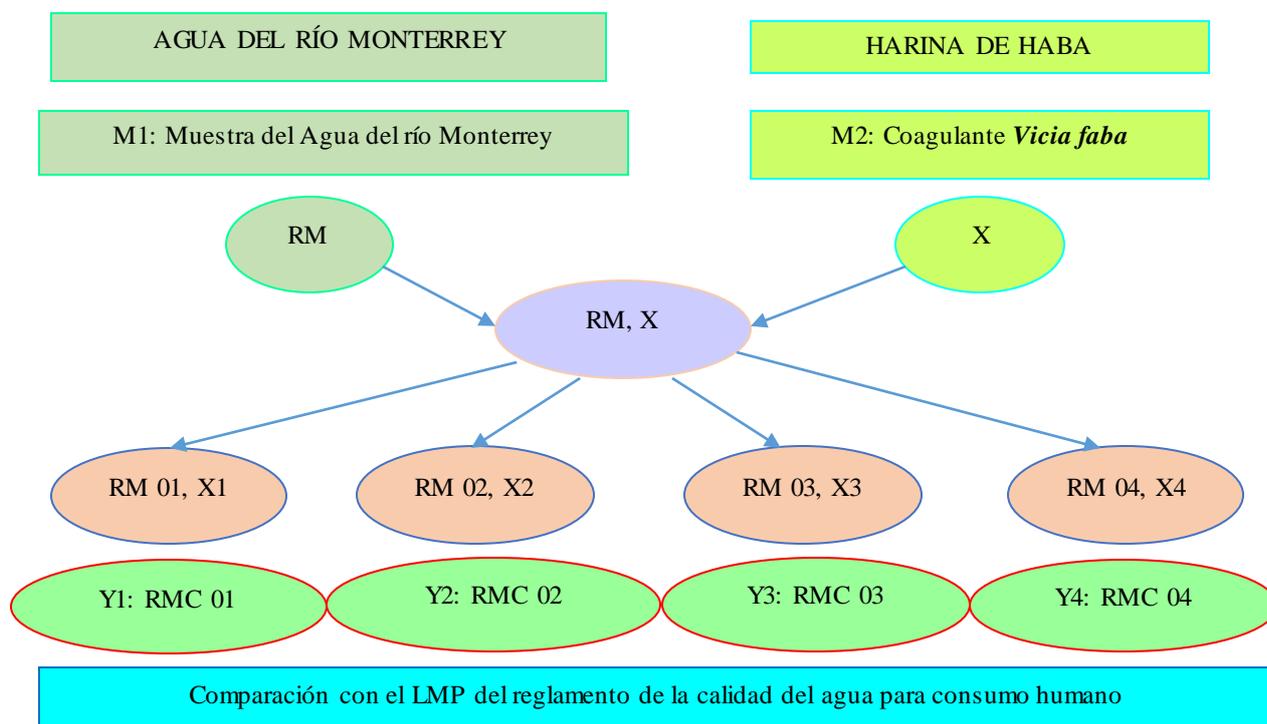
M (muestra)

X (variable independiente), Y (variable dependiente)

M 1 (coagulante vicia faba)..... X... X1, X2, X3, X4.

M 2 (muestra del agua del río Monterrey)...Y...Y1, Y2, Y3, Y4 (Agua tratada).

Esquema del diseño de investigación.



2.4. VARIABLES.

2.4.1. VARIABLE INDEPENDIENTE:

- Eficiencia de la *Vicia faba* como Coagulante Natural, en el tratamiento del agua del río Monterrey.

2.4.2. VARIABLE DEPENDIENTE:

- Calidad del agua tratada del río Monterrey, en relación a la remoción de la Turbiedad, Color, Metales y Nutrientes.

2.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

Al utilizar la *Vicia faba*, como coagulante natural para determinar los parámetros hidráulicos en el proceso de la floculación ortocinética, para la remoción de la turbiedad del río Monterrey, se espera obtener un agua de calidad en relación a la remoción de Turbiedad, Color, Metales (Hierro, Manganeso, Cromo, Aluminio) y Nutrientes (Nitrato).

Tabla N° 3: Operacionalización de las variables de investigación.

OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES					
VARIABLES:	Definición Gramatical	Definición Operacional	Indicadores	Unidad de Medida	Dimensiones
<p>Independiente (V. I.) X = Eficiencia de la <i>Vicia faba</i> como Coagulante natural, en el tratamiento del agua del río Monterrey.</p>	<p>Son de origen orgánico que se encuentran en ciertas plantas, polvos de semillas, flores, cortezas, algunos tipos de arcillas, etc. Con propiedades y características coagulativas para la purificación del agua.</p>	<p>Determinación de los parámetros hidráulicos, en la floculación ortocinética, utilizando la <i>Vicia faba</i>, para la remoción de turbiedad del río Monterrey.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Concentración del coagulante natural <i>Vicia faba</i>. - Dosis del coagulante natural <i>Vicia Faba</i>. - Volumen de los vasos. 	<p>mg/l</p> <p>mg/l</p> <p>ml</p>	<p>Cuantitativa</p>
<p>Dependientes (V. D.) Y = Determinar los parámetros hidráulicos (Gradiente de velocidad) para la remoción de la Turbiedad, Color, Metales y Nutrientes.</p>	<p>Para decidir si un agua califica para un propósito particular, su calidad debe especificarse en función del uso que se le va a dar.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Análisis de Agua. - Análisis de los parámetros fisicoquímicos. - Calcular los hidráulicos. - Prueba de jarras. 	<p>Calcular:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gradiente de velocidad. <p>Medición:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Turbiedad. - Color - Metales. - Nutrientes. 	<p>s-1</p> <p>UNT</p> <p>TCU</p> <p>mg/l</p> <p>mg/l</p>	<p>Cuantitativa</p>

Fuente: Elaboración Propia

2.5.1. MATRIZ DE CONSISTENCIA.

Tabla N° 4: Matriz de consistencia.

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Métodos	Técnica e instrumentos
¿El uso de la <i>Vicia faba</i> , para determinar los parámetros hidráulicos en el proceso de la floculación ortocinética para la remoción de la turbiedad del agua del río Monterrey, resultará ser eficientemente?	Determinar los parámetros hidráulicos, en la floculación ortocinética, utilizando la <i>Vicia faba</i> , para la remoción de turbiedad del río Monterrey.	“El uso de la <i>Vicia faba</i> , para determinar los parámetros hidráulicos en el proceso de la floculación ortocinética para la remoción de la turbiedad del agua del río Monterrey, resulta ser eficientemente”.	<p>Variable Independiente (V.I.) X= Eficiencia de la <i>Vicia Faba</i> como Coagulante natural, en el tratamiento del agua del río Monterrey.</p> <p>Variable Dependiente (V. D.) Y= Determinar los parámetros hidráulicos (Gradiente de velocidad) para la remoción de la Turbiedad, Color, Metales y Nutrientes.</p>	<p>Deductivo</p> <p>Cualitativo</p> <p>Analítico</p> <p>Cuantitativo</p>	<p>Técnicas: Revisión y análisis bibliográfico Observación y experimentación.</p> <p>Instrumentos: Reportes de análisis de resultados. Equipos y materiales de laboratorio.</p>

Fuente: Elaboración Propia.

2.6. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO.

2.6.1. POBLACIÓN.

La población para este estudio es la fuente del río Monterrey, perteneciente al distrito de Independencia – Huaraz.

2.6.2. MUESTRA.

➤ AGUA CRUDA:

La muestra a considerarse para el análisis es de 2 litros por cada muestra y 180 l para cada ensayo de jarras para la determinación de la dosis óptima, concentración óptima, pH óptimo y los parámetros de floculación. En total se realizaron 04 análisis y 04 ensayos de jarra.

➤ AGUA TRATADA:

La muestra a considerarse para el análisis es de 2 litros de agua tratada por cada muestra. En total se realizaron 04 análisis. Por otra parte se utilizó 1.00 Kg de harina de semilla de haba.

2.6.3. MUESTREO.

Se tomaron cuatro muestras de la fuente del agua del río Monterrey, para luego ser analizadas de inmediato en el laboratorio de calidad ambiental - FCAM. También se tomaron cuatro muestras del agua filtrada en diferentes oportunidades. Para dichos muestreos el encargado del laboratorio de calidad ambiental nos facilitó los frascos Blancos y Ámbar de capacidad volumétrica de 1 litro.

2.7. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATO.

2.7.1. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATO.

➤ PARA LA VARIABLE INDEPENDIENTE.

Es mediante el análisis y caracterización del coagulante natural *Vicia faba*.

➤ PARA LA VARIABLE DEPENDIENTE.

Es mediante la observación y la evaluación estadística.

2.7.2. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATO.

➤ PARA LA VARIABLE INDEPENDIENTE.

Mediante la revisión de archivos, revisión bibliográfica y hojas de cálculo en Excel.

➤ PARA LA VARIABLE DEPENDIENTE.

Es mediante la libreta de campo y hojas de cálculo en Excel.

Cuadro N° 2: Método para medición de Parámetros Físicoquímicos y Microbiológicos.

código	Parámetro	Unidad de medida	Método	Límite de detección
FQ	análisis fisicoquímicos			
FQ 03	Alcalinidad total	mg/l CaCO ₃	APHA 2320 B (*)	1
FQ 11	Color	TCU	E. Merck 015 (*)	0.5
FQ 12	Conductividad	Ms.cm-1	APHA 2510 B-Versión 2012	...
FQ 17	Dureza total	mg/l CaCO ₃	APHA 2340 C (*)	1
FQ 23	pH	Und. pH	APHA 4500-H+B.-Versión 2012 (*)	...
FQ 35	Temperatura	°C		
FQ 36	Turbiedad	UNT	APHA 2130 B (*)	0.01
UN	Análisis De Nutrientes			
NU05	Nitritos	mg/l NO ₂ ⁻	Reacción Griess (*)	0.007
MT	Metales Totales			
MT01	Aluminio total	mg/l Al	Cromoazurol S (*)	0.020
MT12	Cromo total	mg/l Cr	Difenilcarbazida (*)	0.010
MT16	Hierro total	mg/l Fe	Triazina (*)	0.005
MT19	Manganeso total	mg/l Mn	Formaldoxina (*)	0.010
CM	Indicadores De Contaminación Microbiológica E Identificación De Patógenos			
CM06	Coliformes Fecales o Termotolerantes	UFC/ml	APHA 9222 D (*)	< 1

Fuente: Laboratorio de Calidad Ambiental – FCAM.

2.8. MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS (ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA INFORMACIÓN).

2.8.1. MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS.

Se utilizó la prueba t de Student para muestras relacionadas, la cual permite comparar las medias de dos muestras de mediciones realizadas sobre las mismas unidades estadísticas.

2.8.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA INFORMACIÓN.

Se procedió a realizar el análisis estadístico de los siguientes parámetros:

➤ **TURBIEDAD.**

A. Redacción de la hipótesis.

Hi: El uso de la *Vicia faba*, para determinar los parámetros hidráulicos en el proceso de la floculación ortocinética para la remoción de la turbiedad del agua del río Monterrey 2016, si es eficiente, con un nivel de confianza de 95%

Hi: $X1 \neq X2$.

Ho: El uso de la *Vicia faba*, para determinar los parámetros hidráulicos en el proceso de la floculación ortocinética para la remoción de la turbiedad del agua del río Monterrey 2016, no es eficiente, con un nivel de confianza de 95%

Ho: $X1 = X2$.

B. Prueba t para medias de dos muestras relacionadas.

Cuadro N° 3: Datos del análisis de las muestras obtenidas del laboratorio - Turbiedad.

N° de Muestra	Turbiedad	
	RM	RMC
1	71.00	1.74
2	23.05	1.68
3	43.50	1.98
4	85.07	2.02

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 4: Prueba t para medias de dos muestras relacionadas con respecto a la Turbiedad.

Prueba t Student	RM	RMC
Media	55.66	1.86
Varianza	770.51	0.03
Observaciones	4.000	4.00
Coefficiente de correlación de Pearson	0.514	
Diferencia hipotética de las medias	0.000	
Grados de libertad	3.000	
Estadístico t	3.889	
P(T<=t) una cola	0.015	
Valor crítico de t (una cola)	2.353	
P(T<=t) dos colas	0.030	
Valor crítico de t (dos colas)	3.182	

Fuente: Elaboración propia.

C. Interpretación.

- Tenemos P – valor=0.030, que es menor al nivel de probabilidad $\alpha=0.05$, por tanto los datos no provienen de una distribución normal.
- Por tanto la hipótesis nula (H_0) es rechazada, siendo tal resultado denominado estadísticamente significativo.
- El estadístico t (3.889) es mayor al Valor Crítico de t (dos colas) (3.182), entonces aceptamos la hipótesis alternativa, señalando que existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los dos análisis (RM - RMC) dando a conocer que los resultados de ambos análisis son diferentes, por tanto el tratamiento del agua del río Monterrey con el coagulante *Vicia faba* si es eficiente en relación a la remoción de turbiedad.
- La media de la turbiedad disminuye de 55.66 mg/l a 1.86 mg/l.

➤ COLOR.

A. Redacción de la hipótesis.

Hi: El uso de la *Vicia faba*, para determinar los parámetros hidráulicos en el proceso de la floculación ortocinética para la remoción del color del agua del río Monterrey 2016, si es eficiente, con un nivel de confianza de 95%.

Hi: $X_1 \neq X_2$.

Ho: El uso de la *Vicia faba*, para determinar los parámetros hidráulicos en el proceso de la floculación ortocinética para la remoción del color del agua del río Monterrey 2016, no es eficiente, con un nivel de confianza de 95%

Ho: $X_1 = X_2$.

B. Prueba t para medias de dos muestras relacionadas.

Cuadro N° 5: Datos del análisis de las muestras obtenidas del laboratorio - Color.

N° De Muestra	Color	
	RM	RMC
1	0.50	0.50
2	0.50	0.50
3	0.50	0.50
4	0.50	0.50

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 6: Prueba t para medias de dos muestras relacionadas con respecto al Color.

Prueba t Student	RM	RMC
Media	0.5	0.5
Varianza	0	0
Observaciones	4	4
Coefficiente de correlación de Pearson	0	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	3	
Estadístico t	0	
P(T<=t) una cola	0	
Valor crítico de t (una cola)	0	
P(T<=t) dos colas	0	
Valor crítico de t (dos colas)	0	

Fuente: Elaboración propia.

No se puede realizar el análisis estadístico, en vista que las medias son similares, por lo tanto los resultados no muestran diferencia en relación a la remoción de color.

➤ NITRITO.

A. Redacción de la hipótesis.

Hi: El uso de la *Vicia faba*, para determinar los parámetros hidráulicos en el proceso de la floculación ortocinética para la remoción del nitrito del agua del río Monterrey 2016, si es eficiente, con un nivel de confianza de 95%

Hi: $X1 \neq X2$.

Ho: El uso de la *Vicia faba*, para determinar los parámetros hidráulicos en el proceso de la floculación ortocinética para la remoción del nitrito del agua del río Monterrey 2016, no es eficiente, con un nivel de confianza de 95%.

Ho: $X1 = X2$.

B. Prueba t para medias de dos muestras relacionadas.

Cuadro N° 7: Datos del análisis de las muestras obtenidas del laboratorio - Nitrito.

N° De Muestra	Nitrito	
	RM	RMC
1	0.380	0.358
2	0.310	0.290
3	0.264	0.370
4	0.291	0.239

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 8: Prueba t para medias de dos muestras relacionadas con respecto al Nitrito.

Prueba t Student	RM	RMC
Media	0.311	0.314
Varianza	0.002	0.004
Observaciones	4	4
Coefficiente de correlación de Pearson	0.211	
Diferencia hipotética de las medias	0.000	
Grados de libertad	3	
Estadístico t	-0.085	
P(T<=t) una cola	0.469	
Valor crítico de t (una cola)	2.353	
P(T<=t) dos colas	0.937	
Valor crítico de t (dos colas)	3.182	

Fuente: Elaboración propia.

C. Interpretación.

- Tenemos P – valor=0.937 que es mayor al nivel de probabilidad $\alpha=0.05$, por lo tanto los datos provienen de una distribución normal.
- Como el estadístico t (-0.085) es menor al valor crítico de t (dos colas) (3.182), se acepta la hipótesis nula. En vista que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los dos análisis (RM-RMC) lo que da a conocer que los resultados de ambos análisis son similares.
- Por lo tanto el tratamiento del agua del río Monterrey con el coagulante *Vicia faba* resulta ser ineficiente en relación a la remoción de Nitritos.

➤ ALUMINIO.

A. Redacción de la hipótesis.

Hi: El uso de la *Vicia faba*, para determinar los parámetros hidráulicos en el proceso de la floculación ortocinética para la remoción del aluminio del agua del río Monterrey 2016, si es eficiente, con un nivel de confianza de 95%.

Hi: $X1 \neq X2$.

Ho: El uso de la *Vicia faba*, para determinar los parámetros hidráulicos en el proceso de la floculación ortocinética para la remoción del aluminio del agua del río Monterrey 2016, no es eficiente, con un nivel de confianza de 95%.

Ho: $X1 = X2$.

B. Prueba t para medias de dos muestras relacionadas.

Cuadro N° 9: Datos del análisis de las muestras obtenidas del laboratorio – Aluminio.

N° De Muestra	Aluminio	
	RM	RMC
1	0.052	0.042
2	0.050	0.061
3	0.069	0.077
4	0.053	0.021

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 10: Prueba t para medias de dos muestras relacionadas con respecto al Aluminio.

Prueba t Student	RM	RMC
Media	0.056	0.050
Varianza	0.000	0.001
Observaciones	4	4
Coefficiente de correlación de Pearson	0.636	
Diferencia hipotética de las medias	0.000	
Grados de libertad	3	
Estadístico t	0.581	
P(T<=t) una cola	0.301	
Valor crítico de t (una cola)	2.353	
P(T<=t) dos colas	0.602	
Valor crítico de t (dos colas)	3.182	

Fuente: Elaboración propia.

C. Interpretación.

- Tenemos P – valor=0.602 que es mayor al nivel de probabilidad $\alpha=0.05$, por lo tanto los datos provienen de una distribución normal.
- El estadístico t (0.581) es menor al valor crítico de t (dos colas) (3.182), se acepta la hipótesis nula. En vista que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los dos análisis (RM-RMC) lo que da a conocer que los resultados de ambos análisis son similares.
- Por lo tanto el tratamiento del agua del río Monterrey con el coagulante *Vicia faba* resulta ser ineficiente en relación a la remoción de aluminio.

➤ **CROMO.**

A. Redacción de la hipótesis.

Hi: El uso de la *Vicia faba*, para determinar los parámetros hidráulicos en el proceso de la floculación ortocinética para la remoción del cromo del agua del río Monterrey 2016, si es eficiente, con un nivel de confianza de 95%.

Hi: $X1 \neq X2$.

Ho: El uso de la *Vicia faba*, para determinar los parámetros hidráulicos en el proceso de la floculación ortocinética para la remoción del cromo del agua del río Monterrey 2016, no es eficiente, con un nivel de confianza de 95%.

Ho: $X1 = X2$.

B. Prueba t para medias de dos muestras relacionadas.

Cuadro N° 11: Datos del análisis de las muestras obtenidas del laboratorio - Cromo

N° De Muestra	Cromo	
	RM	RMC
1	0.065	0.010
2	0.011	0.010
3	0.01	0.01
4	0.01	0.01

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 12: Prueba t para medias de dos muestras relacionadas con respecto al Cromo.

Prueba t Student	RM	RMC
Media	0.024	0.01
Varianza	0.001	0
Observaciones	4	4
Coefficiente de correlación de Pearson	0	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	3	
Estadístico t	1.024	
P(T<=t) una cola	0.191	
Valor crítico de t (una cola)	2.353	
P(T<=t) dos colas	0.381	
Valor crítico de t (dos colas)	3.182	

Fuente: Elaboración propia.

C. Interpretación.

- Tenemos $P - \text{valor} = 0.381$ que es mayor al nivel de probabilidad $\alpha = 0.05$, por lo tanto los datos provienen de una distribución normal.
- El estadístico $t (1.024)$ es menor al valor crítico de t (dos colas) (3.182) , se acepta la hipótesis nula. No existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los dos análisis (RM-RMC) lo que da a conocer que los resultados de ambos análisis son similares.
- Por lo tanto el tratamiento del agua del río Monterrey con el coagulante *Vicia faba*, resulta ser ineficiente en relación a la remoción de Cromo.

➤ HIERRO.

A. Redacción de la hipótesis.

Hi: El uso de la *Vicia faba*, para determinar los parámetros hidráulicos en el proceso de la floculación ortocinética para la remoción del hierro del agua del río Monterrey 2016, si es eficientemente, con un nivel de confianza de 95%.

Hi: $X1 \neq X2$.

Ho: El uso de la *Vicia faba*, para determinar los parámetros hidráulicos en el proceso de la floculación ortocinética para la remoción del hierro del agua del río Monterrey 2016, no es eficiente, con un nivel de confianza de 95%.

Ho: $X1 = X2$.

B. Prueba t para medias de dos muestras relacionadas.

Cuadro N° 13: Datos del análisis de las muestras obtenidas del laboratorio – Hierro.

N° De Muestra	Hierro	
	RM	RMC
1	0.366	0.299
2	0.305	0.309
3	0.299	0.379
4	0.498	0.437

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 14: Prueba t para medias de dos muestras relacionadas con respecto al Hierro.

Prueba t Student	RM	RMC
Media	0.367	0.356
Varianza	0.009	0.004
Observaciones	4	4
Coefficiente de correlación de Pearson	0.670	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	3	
Estadístico t	0.320	
P(T<=t) una cola	0.385	
Valor crítico de t (una cola)	2.353	
P(T<=t) dos colas	0.770	
Valor crítico de t (dos colas)	3.182	

Fuente: Elaboración propia.

C. Interpretación.

- Tenemos P – valor=0.770 que es mayor al nivel de probabilidad $\alpha=0.05$, por lo tanto los datos provienen de una distribución normal.
- Como el P- valor=0.770, es mayor al nivel de probabilidad (0.05) y el estadístico t (0.320) es menor al valor crítico de t (dos colas) (3.182), se acepta la hipótesis nula. En vista que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los dos análisis (RM-RMC) lo que da a conocer que los resultados de ambos análisis son similares.
- Por lo tanto el tratamiento del agua del río Monterrey con el coagulante *Vicia faba*, resulta ser ineficiente en relación a la remoción de Hierro.

➤ MANGANESO.

A. Redacción de la hipótesis.

Hi: El uso de la *Vicia faba*, para determinar los parámetros hidráulicos en el proceso de la floculación ortocinética para la remoción del manganeso del agua del río Monterrey 2016, si es eficiente, con un nivel de confianza de 95%.

Hi: $X1 \neq X2$.

Ho: El uso de la *Vicia faba*, para determinar los parámetros hidráulicos en el proceso de la floculación ortocinética para la remoción del manganeso del agua del río Monterrey 2016, no es eficiente, con un nivel de confianza de 95%.

Ho: $X1 = X2$.

B. Prueba t para medias de dos muestras relacionadas.

Cuadro N° 15: Datos del análisis de las muestras obtenidas del laboratorio - Manganeseo.

N° de Muestra	Manganeseo	
	RM	RMC
1	0.010	0.062
2	0.053	0.065
3	0.023	0.048
4	0.037	0.036

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 16: Prueba t para medias de dos muestras relacionadas con respecto al Manganeseo.

Prueba t Student	RM	RMC
Media	0.031	0.053
Varianza	0.0003	0.0002
Observaciones	4	4
Coefficiente de correlación de Pearson	0.017	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	3	
Estadístico t	-1.943	
P(T<=t) una cola	0.074	
Valor crítico de t (una cola)	2.353	
P(T<=t) dos colas	0.147	
Valor crítico de t (dos colas)	3.182	

Fuente: Elaboración propia.

C. Interpretación.

- Tenemos P – valor=0.147 que es mayor al nivel de probabilidad $\alpha=0.05$, por lo tanto los datos provienen de una distribución normal.
- El estadístico t (-1.943) es menor al valor crítico de t (dos colas) (3.182), se acepta la hipótesis nula. En vista que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los dos análisis (RM-RMC) lo que da a conocer que los resultados de ambos análisis son similares.
- Por lo tanto el tratamiento del agua del río Monterrey con el coagulante *Vicia faba*, resulta ser ineficiente en relación a la remoción de Manganeseo.

➤ **COLIFORMES FECALES O TERMOTOLERANTES.**

A. Redacción de la hipótesis.

Hi: El uso de la *Vicia faba*, para determinar los parámetros hidráulicos en el proceso de la floculación ortocinética para la remoción de coliformes fecales o termotolerantes del agua del río Monterrey 2016, si es eficiente, con un nivel de confianza de 95%.

Hi: $X1 \neq X2$.

Ho: El uso de la *Vicia faba*, para determinar los parámetros hidráulicos en el proceso de la floculación ortocinética para la remoción de coliformes fecales o termotolerantes del agua del río Monterrey 2016, no es eficiente, con un nivel de confianza de 95%.

Ho: $X1 = X2$.

B. Prueba t para medias de dos muestras relacionadas.

Cuadro N° 17: Datos del análisis de las muestras obtenidas del laboratorio - Coliformes fecales o Termotolerantes.

N° De Muestra	Coliformes Fecales O Termotolerantes	
	RM	RMC
1	6600.00	6600.00
2	6600.00	6600.00
3	2760.00	2760.00
4	6600.00	6600.00

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 18: Prueba t para medias de dos muestras relacionadas con respecto a Coliformes fecales y Termotolerantes.

Prueba t Student	RM	RMC
Media	5640.00	5640.00
Varianza	3686400.00	3686400.00
Observaciones	4	4
Coefficiente de correlación de Pearson	1	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	3	
Estadístico t	0	
P(T<=t) una cola	0	
Valor crítico de t (una cola)	0	
P(T<=t) dos colas	0	
Valor crítico de t (dos colas)	0	

Fuente: Elaboración propia.

No se puede realizar el análisis estadístico, en vista que las medias son similares, por lo tanto los resultados no muestran diferencia en relación a la remoción de coliformes fecales o termotolerantes.

2.9. ÁMBITO DE ESTUDIO.

La localidad de Monterrey, tiene como fuente abastecimiento, para el consumo de agua potable al río Monterrey, ubicada en las faldas del cerro San Cristóbal y el nevado Valluna Raju, donde sus aguas son generadas de las lagunas de Aguak y Radian.



Punto de ubicación de la zona de muestreo:

- S: 9°28'02.81''
- O: 77°31'52.46''
- Altitud: 3068 msnm.

Fotografía N° 11: Ámbito de estudio - río Monterrey.

CAPITULO III.

RESULTADOS

3.1. EXTRACCIÓN DEL COAGULANTE VICIA FABA.

Para el presente estudio de investigación, se utilizó la harina de haba, como coagulante natural, empleándose 1.00 Kg durante el proceso de la prueba de jarras.

3.2. PRUEBA DE JARRAS, MEDIANTE EL USO DEL COAGULANTE VICIA FABA.

3.2.1. PRIMERA MUESTRA: RM - 01: Fecha: 07/04/2017, Turb.: 71.00 UNT.

➤ DETERMINACIÓN DE LA DOSIS ÓPTIMA.

Tabla N° 5: Dosificación del coagulante *Vicia faba* (mg/l) - RM 01.

Vaso	1	2	3	4	5	6
Dosis (Mg/l)	25	30	35	40	45	50
Turbiedad Final	37.33	35.86	34.48	33.83	35.52	36.80

Fuente: Elaboración propia - 2017.

Interpretación:

El cuadro muestra que el vaso 4 presenta mayor remoción de turbiedad residual (33.83 UNT), a una Dosis de 40 mg/l del coagulante *Vicia faba*, en relación a los demás vasos que presentan menor remoción de turbiedad residual.

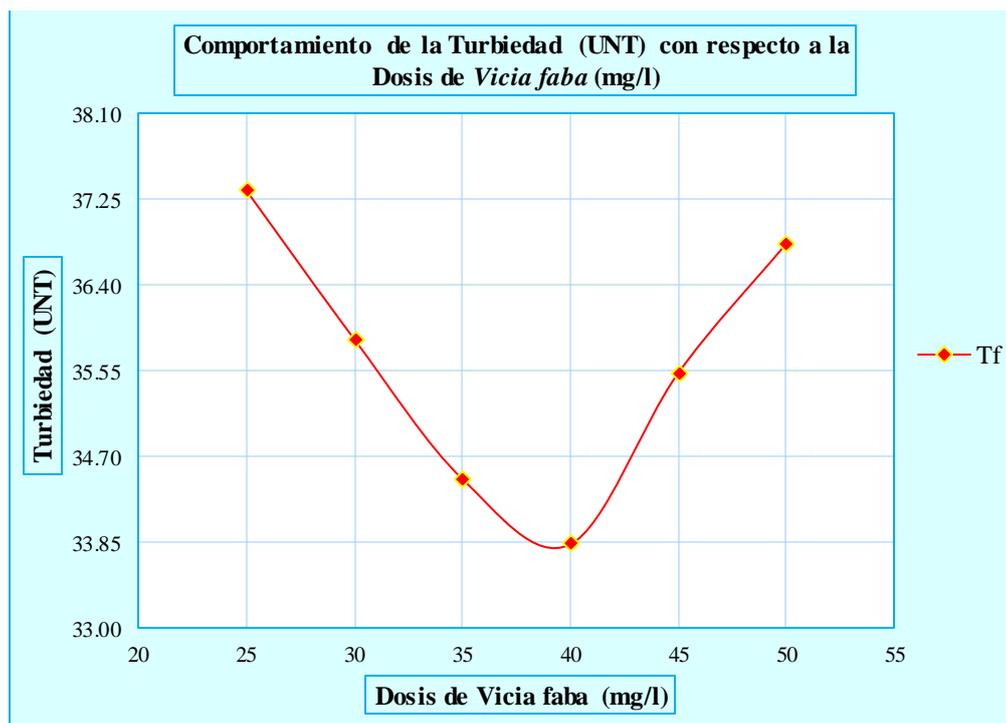


Gráfico N° 1: Selección de Dosis óptima - RM 01

Interpretación:

El gráfico muestra mayor remoción de turbiedad residual (33.83 UNT) para una Dosis de 40mg/l del coagulante *Vicia faba*, en relación a la turbiedad inicial (71.00 UNT). Por tanto viene hacer la Dosis óptima seleccionada para la primera muestra del agua del río Monterrey.

➤ DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN ÓPTIMA.

Tabla N° 6: Concentración del coagulante *Vicia faba* (%) - RM 01.

Vaso	1	2	3	4	5	6
Concentración %	5.10	5.50	5.90	6.30	6.70	7.10
Turbiedad final	37.70	35.52	34.15	36.30	36.02	35.84

Fuente: Elaboración propia - 2017.

Interpretación:

El cuadro muestra que el vaso 3 presenta mayor remoción de turbiedad (34.15 UNT), a una Concentración de 5.90% del coagulante *Vicia faba*, en relación a los demás vasos que presentan menor remoción de turbiedad.

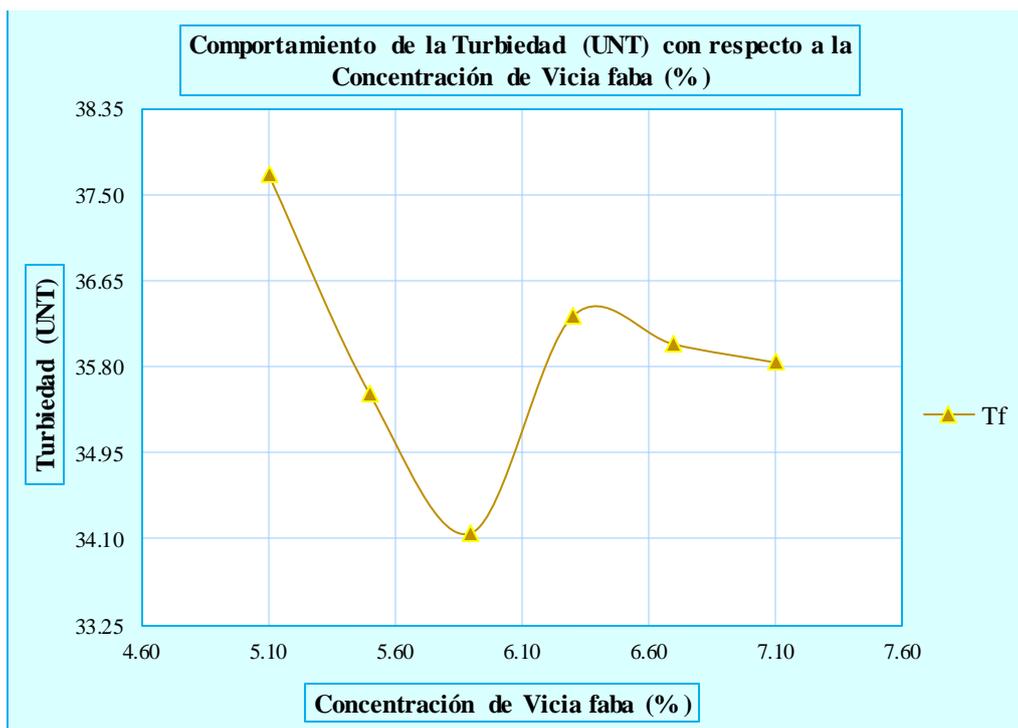


Gráfico N° 2: Selección de Concentración óptima - RM 01

Interpretación:

El gráfico muestra mayor remoción de turbiedad residual (34.15 UNT) para una concentración de 5.90% del coagulante *Vicia faba*, en relación a la turbiedad inicial (71.00 UNT). Por tanto viene hacer la Concentración óptima seleccionada para el tratamiento de la primera muestra del agua del río Monterrey.

➤ DETERMINACIÓN DEL pH ÓPTIMO.

Tabla N° 7: Dosificación de pH (Und. pH) - RM 01.

Vaso	1	2	3	4	5	6
pH Variable	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00
Turbiedad Final	36.50	35.67	33.85	34.13	34.64	34.98

Fuente: Elaboración propia - 2017.

Interpretación:

El cuadro muestra que el vaso 3 presenta mayor remoción de turbiedad (33.85 UNT), en relación a los demás vasos que presentan menor remoción de turbiedad, así como también a un pH de 7.50 Und. pH, se presenta mayor remoción de turbiedad, en relación a la turbiedad inicial (71.00 UNT).

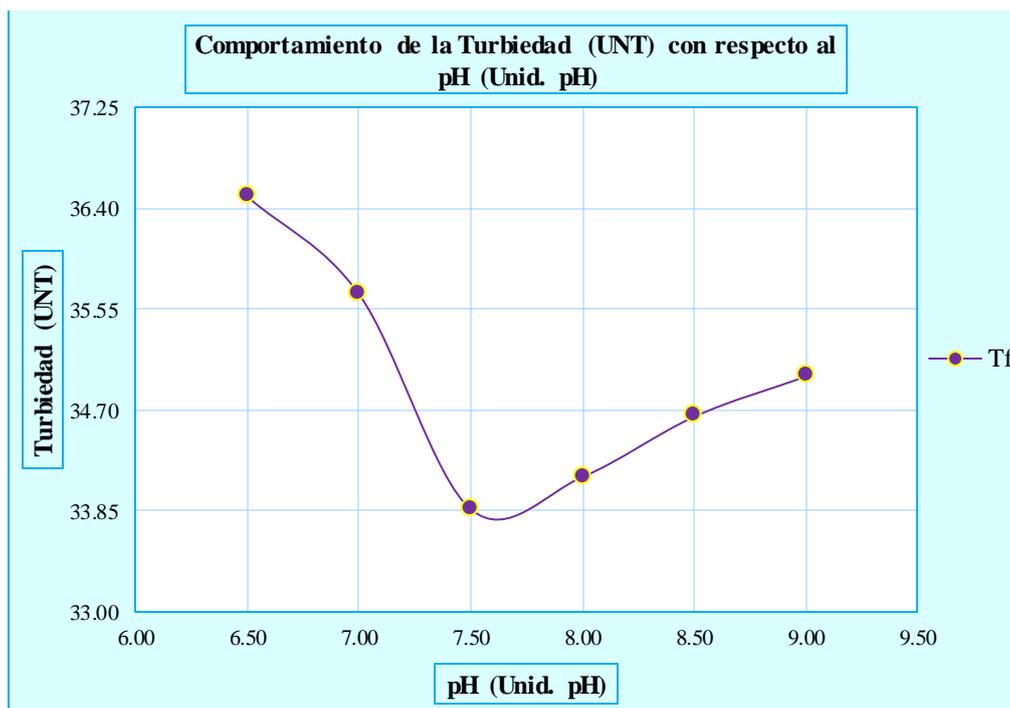


Gráfico N° 3: Selección del pH óptimo - RM 01

Interpretación:

El gráfico muestra la mayor remoción de la turbiedad residual (33.85) a un pH de 7.50 Und. pH en relación a la turbiedad inicial (71.00 UNT). Por tanto viene hacer el pH óptimo seleccionado del coagulante *Vicia faba*, para el primer muestreo de las aguas del río Monterrey.

➤ DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE FLOCULACIÓN.

Tabla N° 8: Turbiedad con respecto a la Gradiente y Tiempo - RM 01.

Vaso	1	2	3	4	5	6
Tiempo (min.)	5.00	10.00	15.00	20.00	25.00	30.00
G=80 S-1	40.96	38.14	36.51	38.96	37.05	35.80
G=60 S-1	36.80	36.07	34.83	35.12	34.65	35.03
G=40 S-1	38.50	34.31	34.38	35.02	33.97	33.62
G=20 S-1	43.00	37.36	35.10	34.23	33.87	33.58

Fuente: Elaboración propia - 2017.

Interpretación:

Según el presente cuadro, se muestra la remoción de turbiedad en función al tiempo y las gradientes.

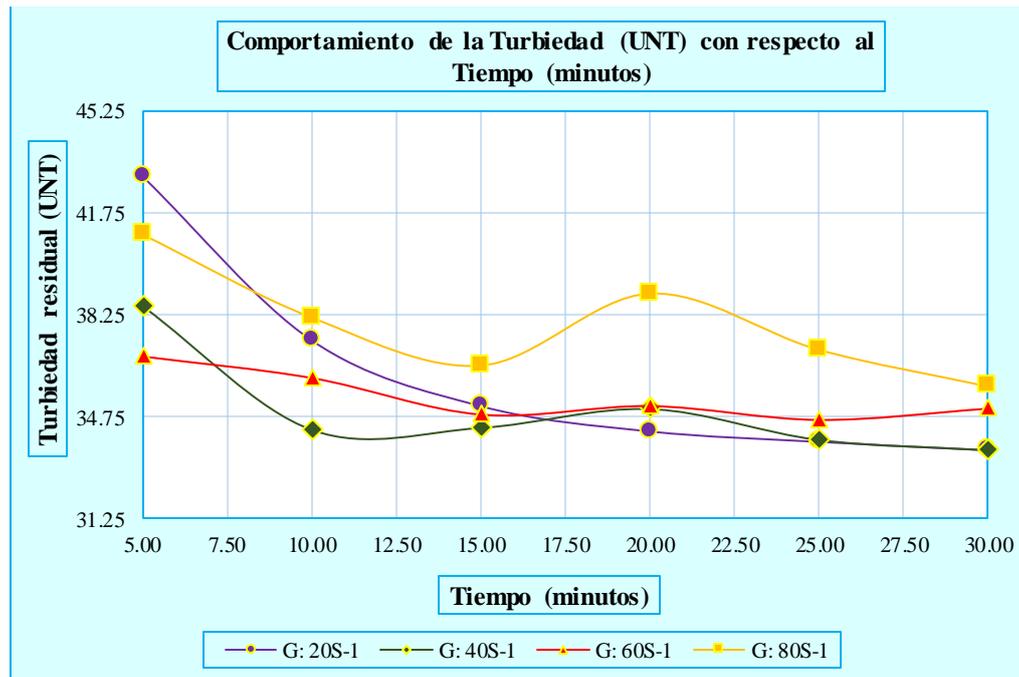


Gráfico N° 4: Selección de la gradiente - RM 01

Interpretación: El gráfico se muestra mayor remoción de turbiedad a una gradiente 20 S-1, por tanto la es la seleccionada para la floculación del agua del río Monterrey.

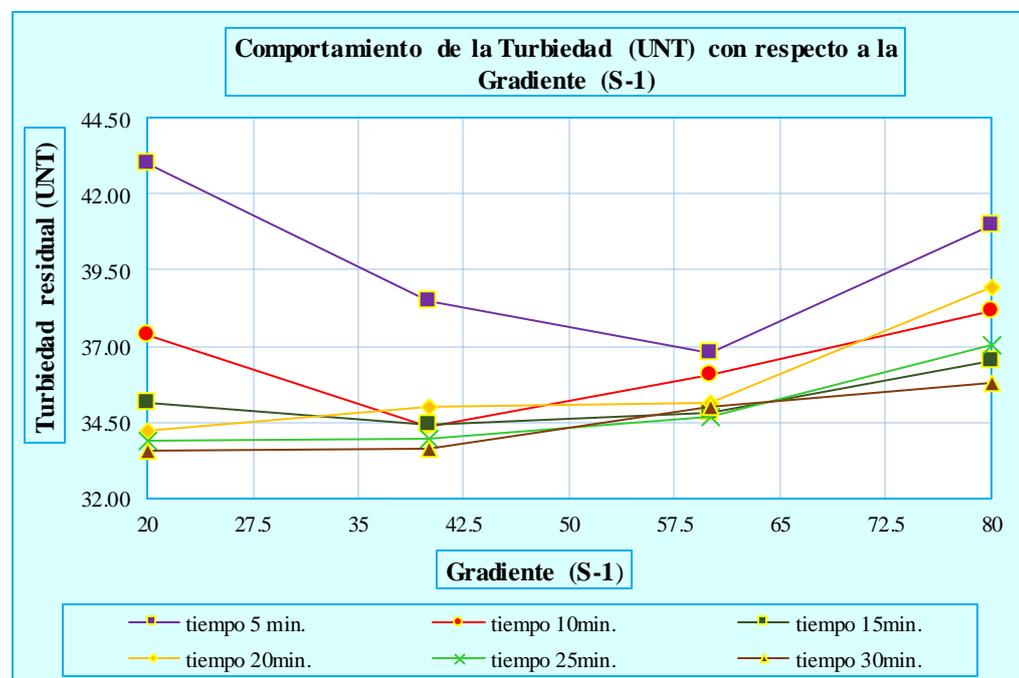


Gráfico N° 6: Selección del tiempo - RM 01.

Interpretación: El gráfico presenta mayor remoción de turbiedad en un tiempo de 30 min, por tanto la cual es el tiempo seleccionado para la floculación del agua.

3.2.2. SEGUNDA MUESTRA: RM - 02: Fecha: 07/05/2017. Turb.: 23.05 UNT.

➤ DETERMINACIÓN DE LA DOSIS ÓPTIMA.

Tabla N° 9: Dosificación del coagulante *Vicia faba* (mg/l) - RM 02.

Vaso	1	2	3	4	5	6
Dosis (mg/l)	20	25	30	35	40	45
Turbiedad final	15.34	14.12	9.64	12.43	13.32	14.95

Fuente: Elaboración propia - 2017.

Interpretación:

Según el cuadro el vaso 3 presenta mayor remoción de turbiedad residual (9.64 UNT), a una Dosis de 30mg/l del coagulante *Vicia faba*, en relación a los demás vasos que presentan menor remoción de turbiedad residual.

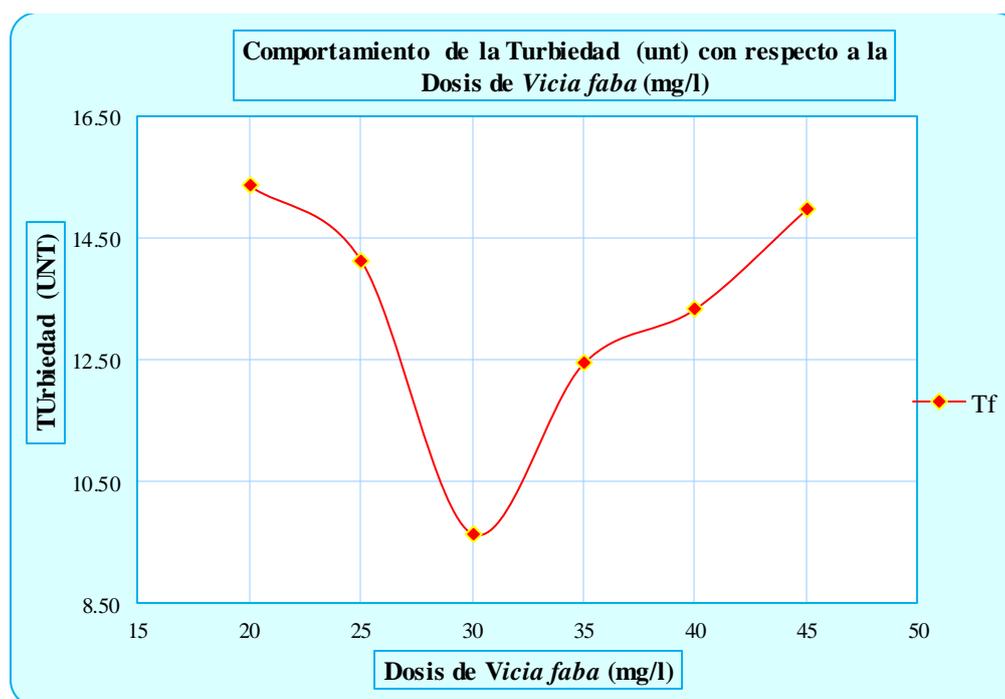


Gráfico N° 6: Selección de Dosis óptima - RM 02

Interpretación:

El gráfico muestra la mayor remoción de turbiedad residual (9.64 UNT) a una Dosis de 30mg/l del coagulante *Vicia faba*, en relación a la turbiedad inicial (23.05 UNT). Por tanto viene hacer la Dosis óptima seleccionada para el tratamiento del agua de la segunda muestra del agua del río Monterrey.

➤ **DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN ÓPTIMA.**

Tabla N° 10: Concentración del coagulante *Vicia faba* (%) - RM 02.

Vaso	1	2	3	4	5	6
Concentración %	2.70	3.10	3.50	3.90	4.30	4.70
Turbiedad final	13.86	12.25	10.25	12.83	12.16	11.84

Fuente: Elaboración propia - 2017.

Interpretación:

Según el cuadro el vaso 3 presenta mayor remoción de turbiedad residual (10.25 UNT), en relación a los demás vasos que presentan menor remoción de turbiedad residual, así como también a una Concentración de 3.50% del coagulante *Vicia faba*, presenta mayor remoción de turbiedad residual en relación a la turbiedad inicial (23.05 UNT).

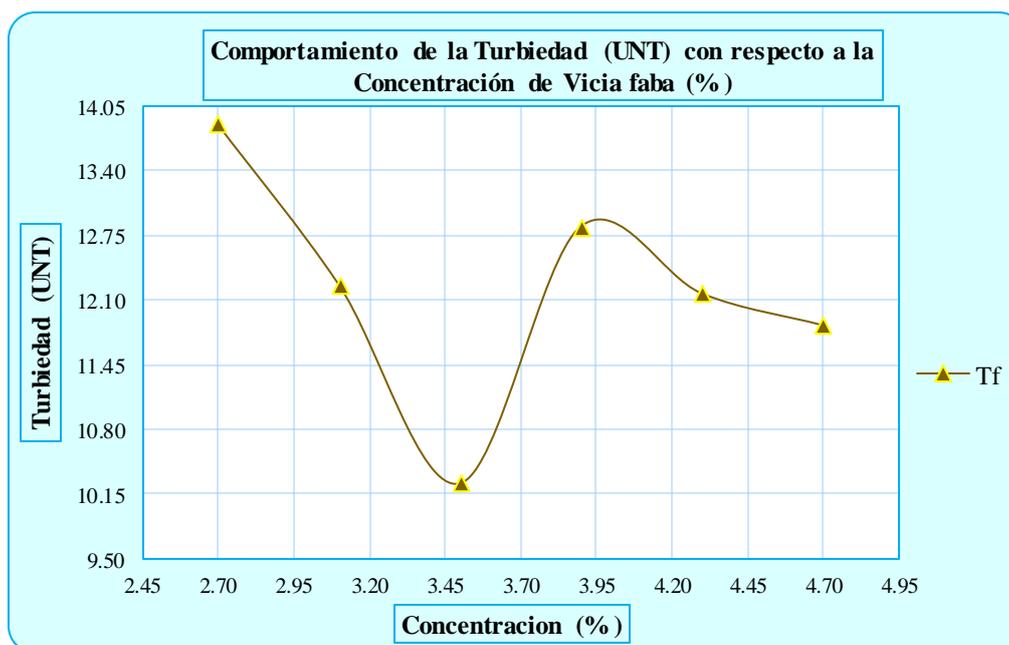


Gráfico N° 7: Selección de Concentración óptima - RM 02

Interpretación:

Según el gráfico a una Concentración de 3.50% del coagulante *Vicia faba*, se presenta mayor remoción de turbiedad residual (10.25 UNT), en relación a la turbiedad inicial (23.05 UNT). Por tanto viene hacer la Concentración óptima seleccionada para el tratamiento del agua del segundo muestreo de las aguas del río Monterrey.

➤ **DETERMINACIÓN DEL pH ÓPTIMO.**

Tabla N° 11: Dosificación de pH (Und. pH) - RM 02

Vaso	1	2	3	4	5	6
Ph variable	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00
Turbiedad final	14.03	11.86	8.82	10.06	10.58	11.01

Fuente: Elaboración propia - 2017.

Interpretación:

Según el presente cuadro el vaso 3 presenta mayor remoción de turbiedad residual (8.82 UNT), a un pH de 7.50 Und. pH, en relación a los demás vasos que presentan menor remoción de turbiedad residual.

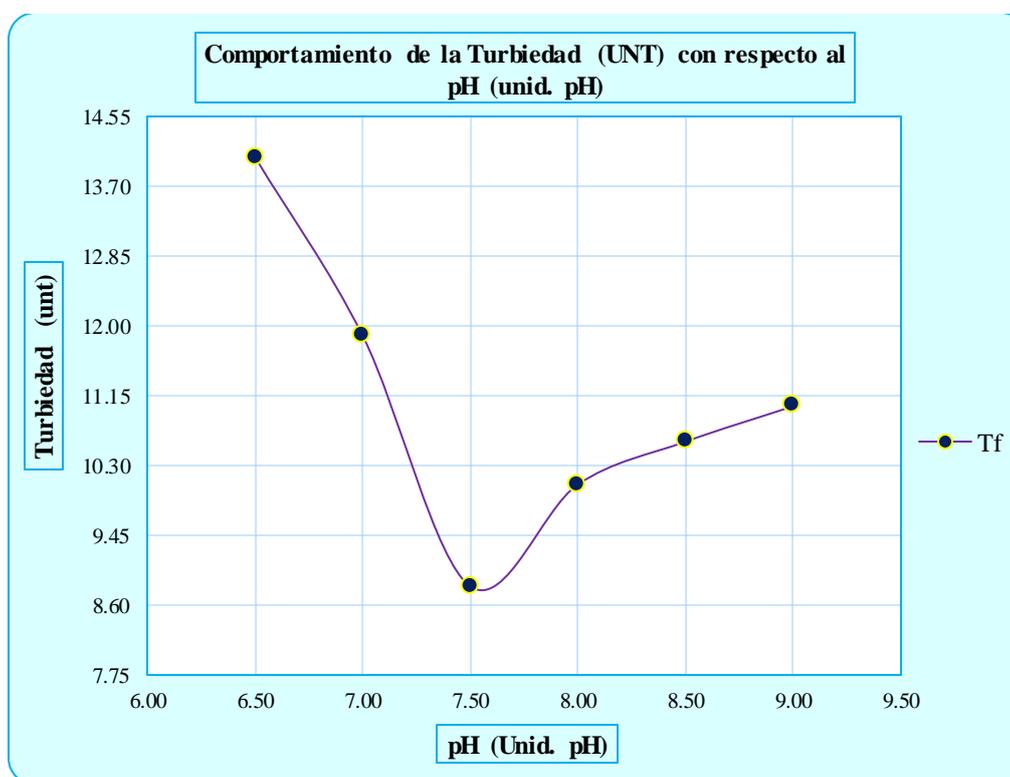


Gráfico N° 8: Selección del pH óptimo - RM 02

Interpretación:

Según el gráfico se muestra mayor remoción de turbiedad residual (8.82UNT) a un pH de 7.50 Und. pH, en relación a la turbiedad inicial (23.05 UNT). Por tanto la cual, la cual viene hacer el pH óptimo seleccionado para el tratamiento del agua del segundo muestreo de las aguas del río Monterrey.

➤ **DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE FLOCULACIÓN.**

Tabla N° 12: Turbiedad con respecto a la Gradiente y Tiempo - RM 02

Vaso	1	2	3	4	5	6
Tiempo (min.)	5.00	10.00	15.00	20.00	25.00	30.00
G=80 S-1	15.95	13.98	13.56	14.06	13.82	13.02
G=60 S-1	14.86	13.62	12.86	13.01	12.52	12.97
G=40 S-1	15.42	13.82	12.45	12.87	11.54	11.01
G=20 S-1	16.60	15.89	13.02	12.13	11.04	10.78

Fuente: Elaboración propia - 2017.

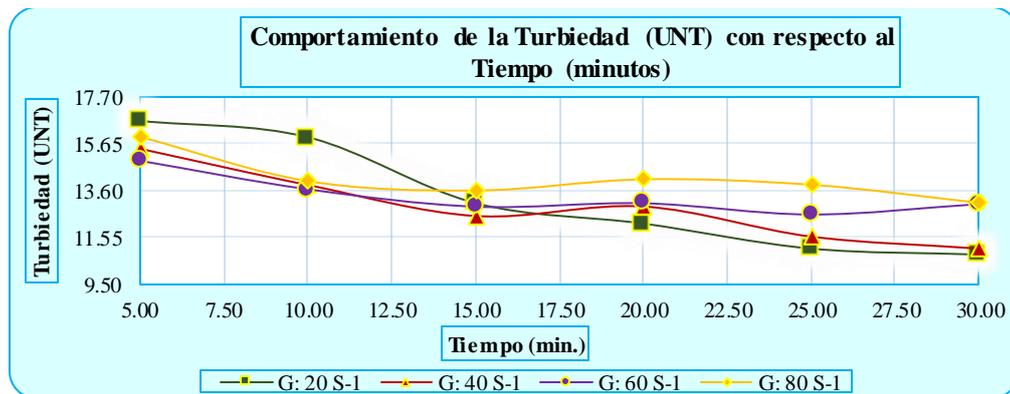


Gráfico N° 9: Selección de la gradiente - RM 02

Interpretación: El gráfico se muestra mayor remoción de turbiedad a una gradiente 20 S-1, por tanto la es la seleccionada para la floculación del agua del río Monterrey.

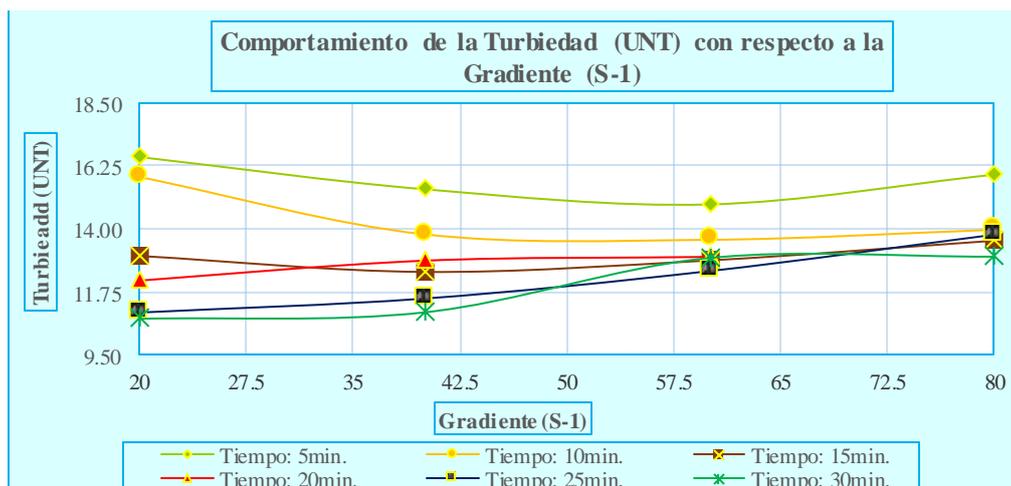


Gráfico N° 10: Selección del tiempo - RM 02

Interpretación: El gráfico presenta mayor remoción de turbiedad en un tiempo de 30 min, por tanto la cual es el tiempo seleccionado para la floculación del agua.

3.2.3. TERCERA MUESTRA: RM - 03: Fecha: 02/05/2017, Turb.: 43.50 UNT.

➤ DETERMINACIÓN DE LA DOSIS ÓPTIMA.

Tabla N° 13: Dosificación del coagulante *Vicia faba* (mg/l) - RM 03.

Vaso	1	2	3	4	5	6
Dosis (mg/l)	25	30	35	40	45	50
Turbiedad final	23.86	22.02	20.33	21.53	22.05	23.04

Fuente: Elaboración propia - 2017.

Interpretación:

Según el cuadro el vaso 3, presenta mayor remoción de turbiedad residual (20.33 UNT), a una dosis de 35 mg/l del coagulante *Vicia faba*, en relación a los demás vasos que presentan menor remoción de turbiedad residual.

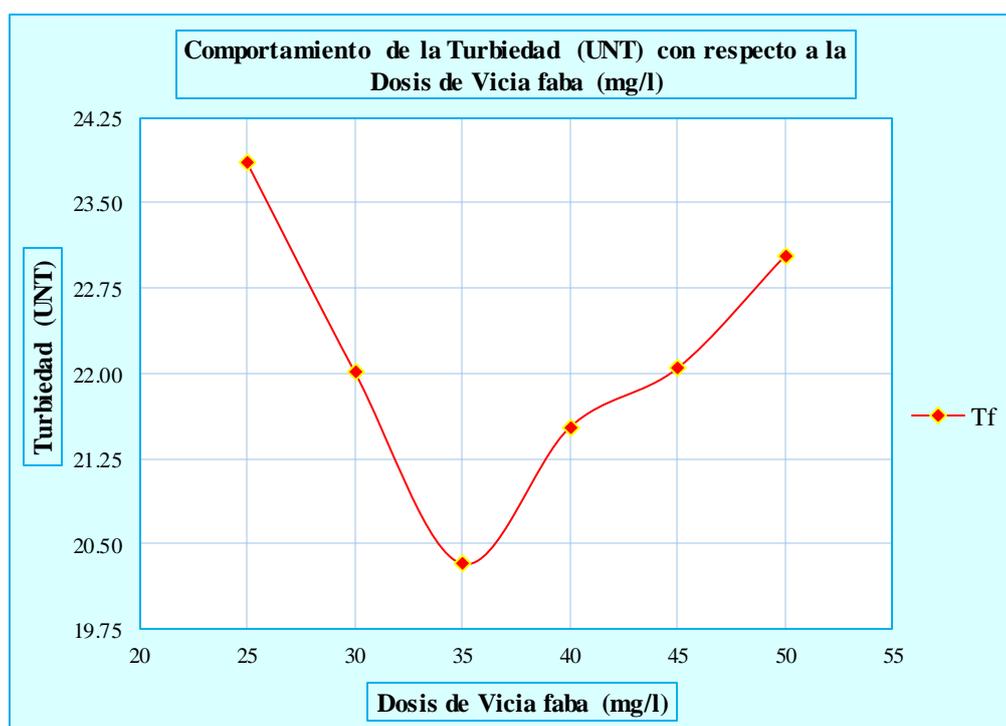


Gráfico N° 11: Selección de Dosis óptima - RM 03

Interpretación:

El gráfico muestra la mayor remoción de turbiedad residual (20.33 UNT) a una dosis de 35 mg/l del coagulante *Vicia faba*, en relación a la turbiedad inicial (43.50 UNT), por consiguiente viene hacer la dosis optima seleccionada del coagulante *Vicia faba*, para el tratamiento del agua del tercer muestreo de las aguas del río Monterrey.

➤ **DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN ÓPTIMA.**

Tabla N° 14: Concentración del coagulante *Vicia faba* (%) - RM 03.

Vaso	1	2	3	4	5	6
Concentración %	3.50	3.90	4.30	4.70	5.10	5.50
Turbiedad final	24.04	22.84	20.93	22.58	22.13	21.96

Fuente: Elaboración propia - 2017.

Interpretación:

Según el cuadro el vaso 3, presenta mayor remoción de turbiedad (20.93 UNT), en relación a los demás vasos que presentan menor remoción de turbiedad, así como también a una concentración de 4.30% del coagulante *Vicia faba*, presenta mayor remoción de turbiedad residual en relación a la turbiedad inicial (43.50 UNT).

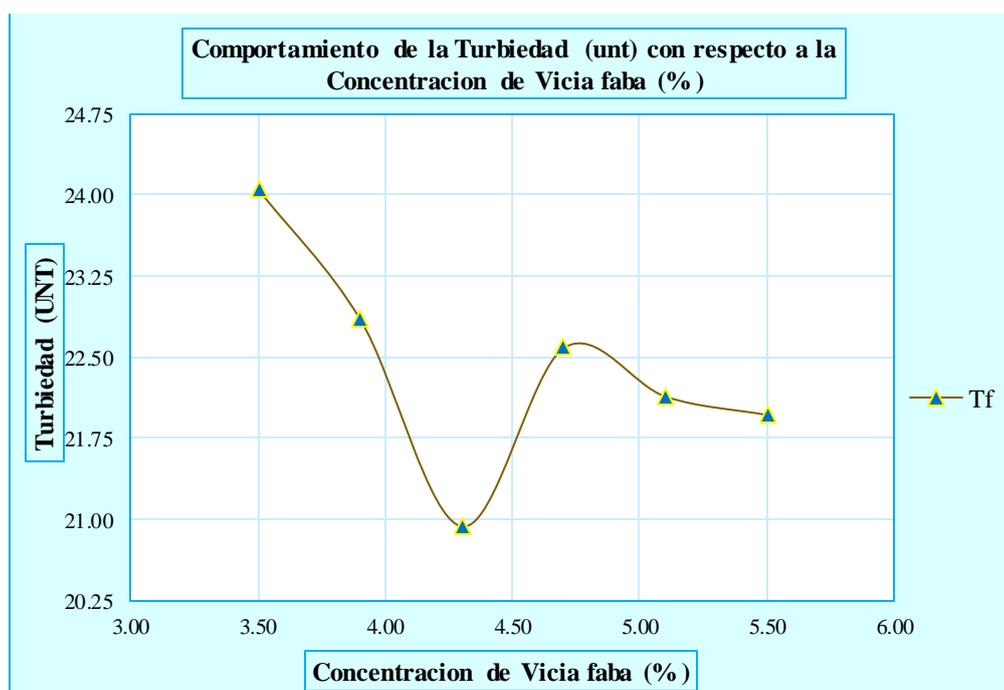


Gráfico N° 12: Selección de Concentración óptima - RM 03

Interpretación:

El gráfico muestra la mayor remoción de turbiedad residual (20.93 UNT) a una concentración de 4.30% del coagulante *Vicia faba* en relación a la turbiedad inicial (43.50 UNT), por consiguiente la cual viene hacer la concentración optima seleccionada del coagulante *Vicia faba*, para el tratamiento del agua del tercer muestreo de las aguas del río Monterrey.

➤ **DETERMINACIÓN DEL PH ÓPTIMO.**

Tabla N° 15: Dosificación de pH (Und. pH) - RM 03.

Vaso	1	2	3	4	5	6
pH variable	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00
Turbiedad final	23.02	20.87	19.50	20.21	20.58	21.01

Fuente: Elaboración propia - 2017.

Interpretación:

Según el cuadro se muestra que el vaso 3 presenta mayor remoción de turbiedad residual (19.50 UNT), en relación a los demás vasos que presentan menor remoción de turbiedad residual, así como también a un pH de 7.50 Und. pH presenta mayor remoción de turbiedad residual, en relación a la turbiedad inicial (43.50 UNT).

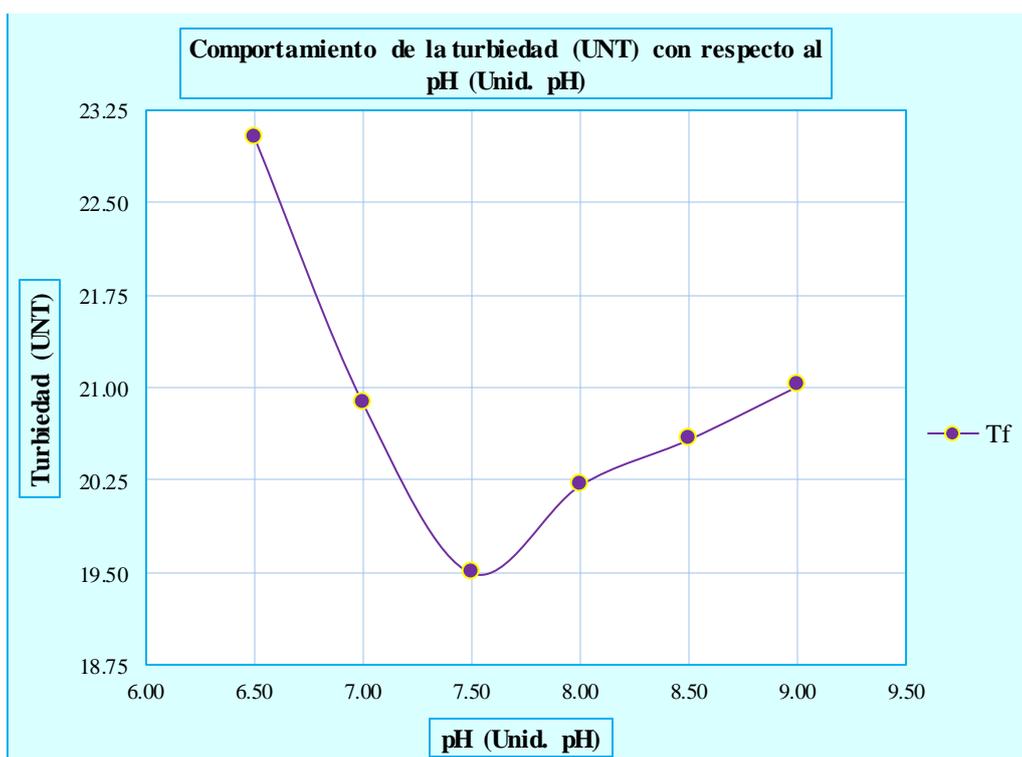


Gráfico N° 13: Selección del pH óptimo - RM 03

Interpretación:

Según el gráfico se muestra la mayor remoción de turbiedad residual (19.50 UNT) a un pH de 7.50 Und. pH, en relación a la turbiedad inicial (43.50). Por tanto la cual viene hacer el pH óptimo seleccionado para el tratamiento del agua del tercer muestreo de las aguas del río Monterrey.

➤ **DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE FLOCULACIÓN.**

Tabla N° 16: Turbiedad con respecto a la Gradiente y Tiempo - RM 03

Vaso	1	2	3	4	5	6
Tiempo (min.)	5.00	10.00	15.00	20.00	25.00	30.00
G=80 S-1	24.01	23.54	22.45	22.85	22.57	22.23
G=60 S-1	22.95	22.78	22.43	22.23	21.72	22.01
G=40 S-1	23.48	22.86	22.32	22.62	21.58	21.36
G=20 S-1	24.57	23.62	22.38	22.08	21.52	21.23

Fuente: Elaboración propia - 2017.

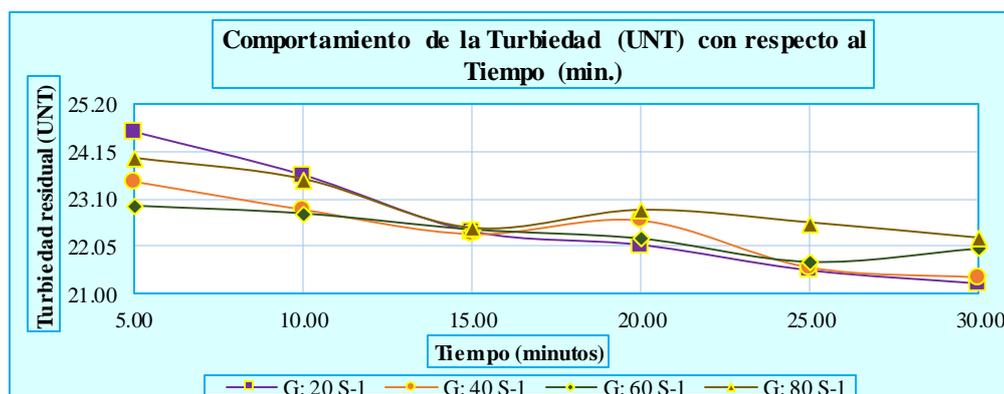


Gráfico N° 14: Selección de la gradiente - RM 03

Interpretación: El gráfico se muestra mayor remoción de turbiedad a una gradiente 20 S-1, por tanto la es la seleccionada para la floculación del agua del río Monterrey.

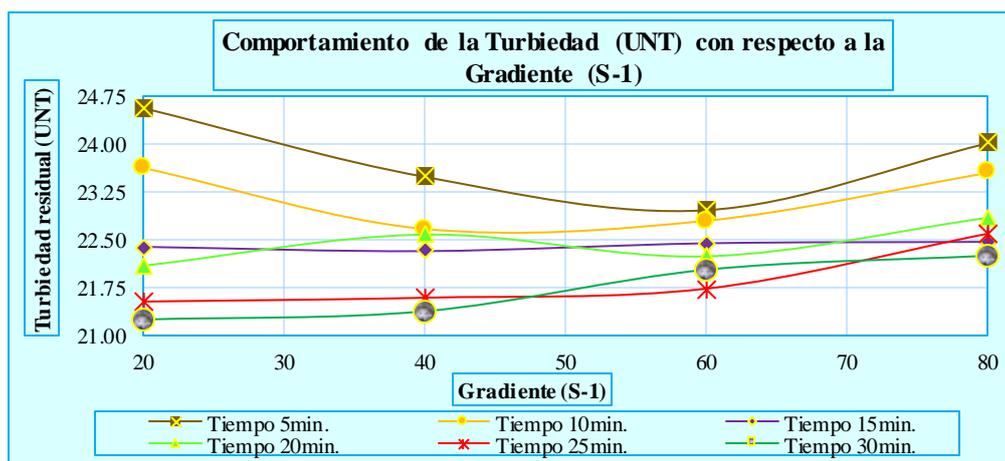


Gráfico N° 15: Selección del tiempo - RM 03

Interpretación: El gráfico presenta mayor remoción de turbiedad en un tiempo de 30 minutos. Por tanto el tiempo seleccionado es 30 min para la floculación.

3.2.4. CUARTA MUESTRA: RM - 04: Fecha: 04-06-2017, Turb.: 85.07 UNT.

➤ DETERMINACIÓN DE LA DOSIS ÓPTIMA.

Tabla N° 17: Dosificación del coagulante *Vicia faba* (mg/l) - RM 04.

Vaso	1	2	3	4	5	6
Dosis (mg/l)	25	30	35	40	45	50
Turbiedad final	39.06	37.81	34.94	36.64	37.32	38.66

Fuente: Elaboración propia - 2017.

Interpretación:

Según el cuadro el vaso 3, presenta mayor remoción de turbiedad residual (34.94 UNT), a una Dosis de 35mg/l del coagulante *Vicia faba* en relación a los demás vasos que presentan menor remoción de turbiedad residual.

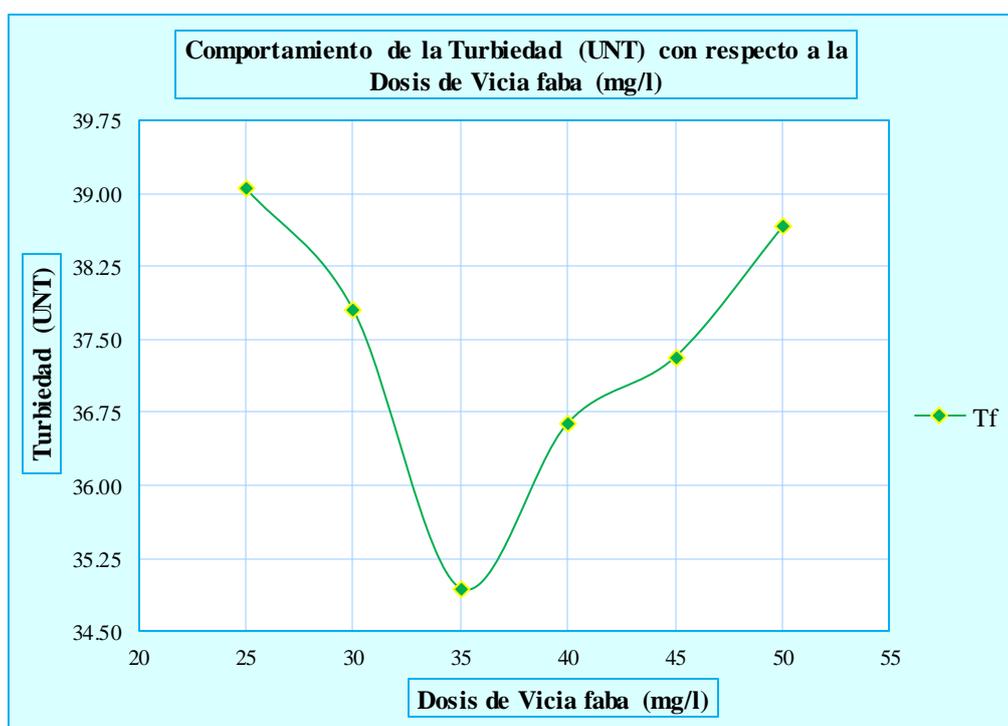


Gráfico N° 16: Selección de Dosis óptima - RM 04

Interpretación:

Según el gráfico la mayor remoción de turbiedad residual (34.94 UNT) es a una Dosis de 35 mg/l del coagulante *Vicia faba*, en relación a la turbiedad inicial (85.07 UNT). Por tanto la cual viene hacer la Dosis óptima seleccionada del coagulante *Vicia faba*, para el tratamiento del agua del cuarto muestreo de las aguas del río Monterrey.

➤ **DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN ÓPTIMA.**

Tabla N° 18: Concentración del coagulante *Vicia faba* (%) - RM 04.

Vaso	1	2	3	4	5	6
Concentración %	3.50	3.90	4.30	4.70	5.10	5.50
Turbiedad final	38.85	37.34	36.65	35.16	37.18	36.52

Fuente: Elaboración propia - 2017.

Interpretación:

Según el cuadro el vaso 4, presenta mayor remoción de turbiedad (35.16 UNT), en relación a los demás vasos que presentan menor remoción de turbiedad, así como también a una Concentración de 4.70% del coagulante *Vicia faba*, presenta mayor remoción de turbiedad residual en relación a la turbiedad inicial (85.07 UNT).

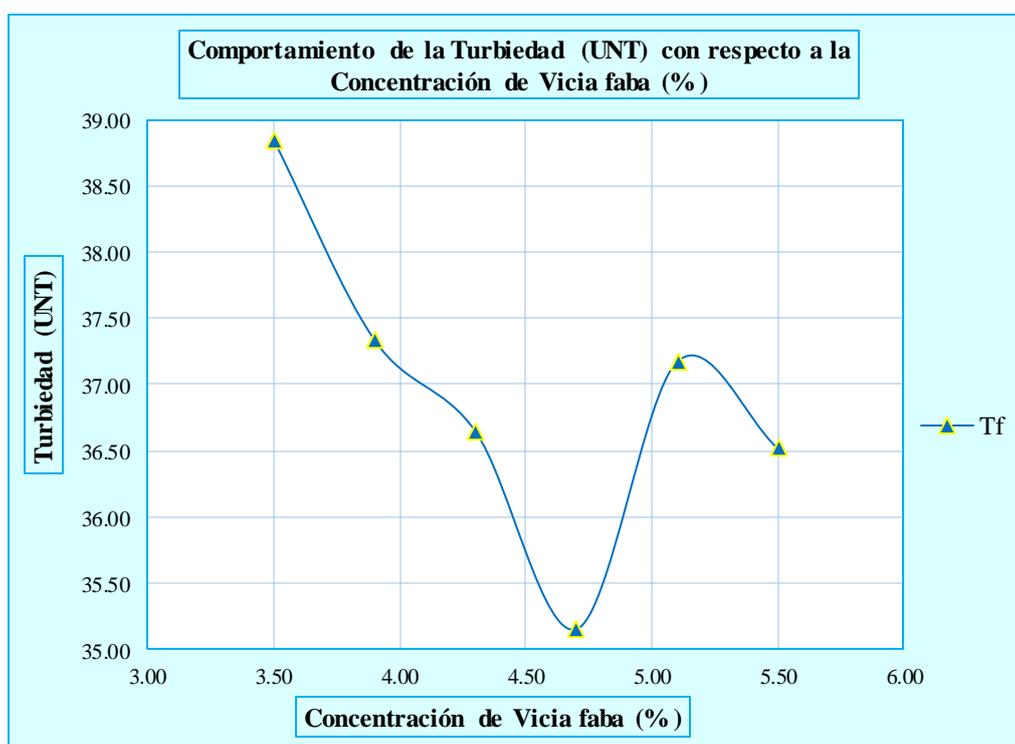


Gráfico N° 17: Selección de Concentración óptima - RM 04

Interpretación:

El gráfico muestra la mayor remoción de turbiedad residual (35.16 UNT) es a una Concentración de 4.70% del coagulante *Vicia faba*, en relación a la turbiedad inicial (85.07 UNT). Por tanto la cual viene hacer la Concentración optima seleccionada para el tratamiento del agua para el cuarto muestreo de las aguas del río Monterrey.

➤ **DETERMINACIÓN DEL PH ÓPTIMO.**

Tabla N° 19: Dosificación de pH (Und. pH) - RM 04

Vaso	1	2	3	4	5	6
pH variable	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00
Turbiedad final	38.63	35.84	34.62	35.26	35.61	36.03

Fuente: Elaboración propia - 2017.

Interpretación:

Según el cuadro el vaso 3, presenta mayor remoción de turbiedad residual (34.62 UNT), en relación a los demás vasos que presentan menor remoción de turbiedad residual, así como también a un pH de 7.50 Und. pH, se presenta mayor remoción de turbiedad residual, en relación a la turbiedad inicial (85.07 UNT).

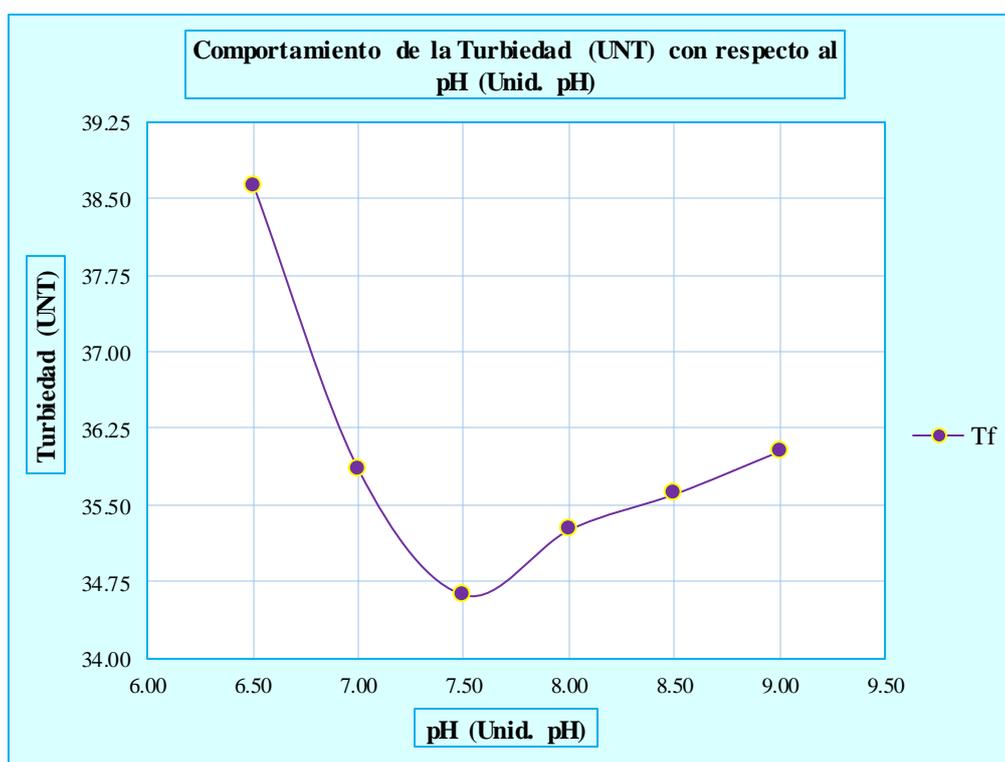


Gráfico N° 18: Selección del pH óptimo - RM 04

Interpretación:

El gráfico muestra que la mayor remoción de turbiedad residual se da a un pH de 7.50 Und. pH, en relación a la turbiedad inicial (85.07 UNT). Por tanto la cual viene hacer el pH óptimo seleccionado.

➤ **DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE FLOCULACIÓN.**

Tabla N° 20: Turbiedad con respecto a la Gradiente y Tiempo - RM 04

Vaso	1	2	3	4	5	6
Tiempo (min.)	5.00	10.00	15.00	20.00	25.00	30.00
G=80 S-1	23.95	23.72	23.14	23.51	23.04	22.87
G=60 S-1	22.48	22.13	21.81	22.37	21.76	22.03
G=40 S-1	23.32	22.97	22.50	22.96	22.12	21.84
G=20 S-1	24.02	23.07	22.98	22.63	22.01	21.75

Fuente: Elaboración propia - 2017.

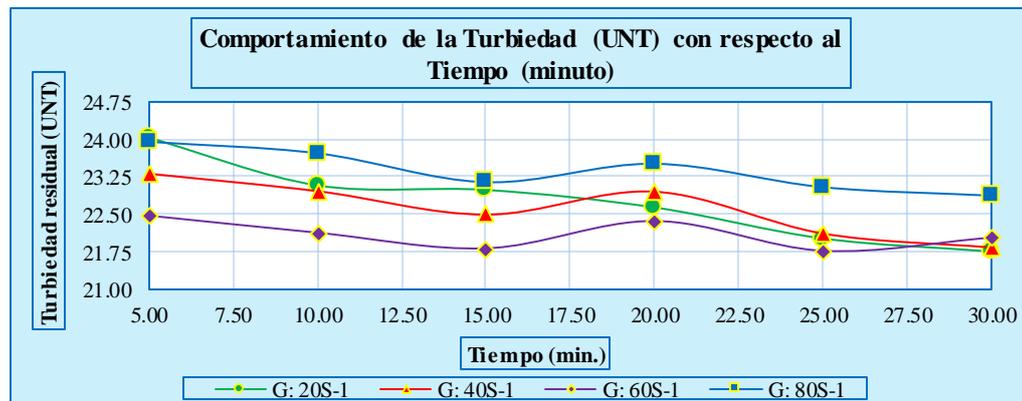


Gráfico N° 19: Selección de la gradiente - RM 04

Interpretación: El gráfico se muestra mayor remoción de turbiedad a una gradiente 20 S-1, por tanto la es la seleccionada para la floculación del agua del río Monterrey.

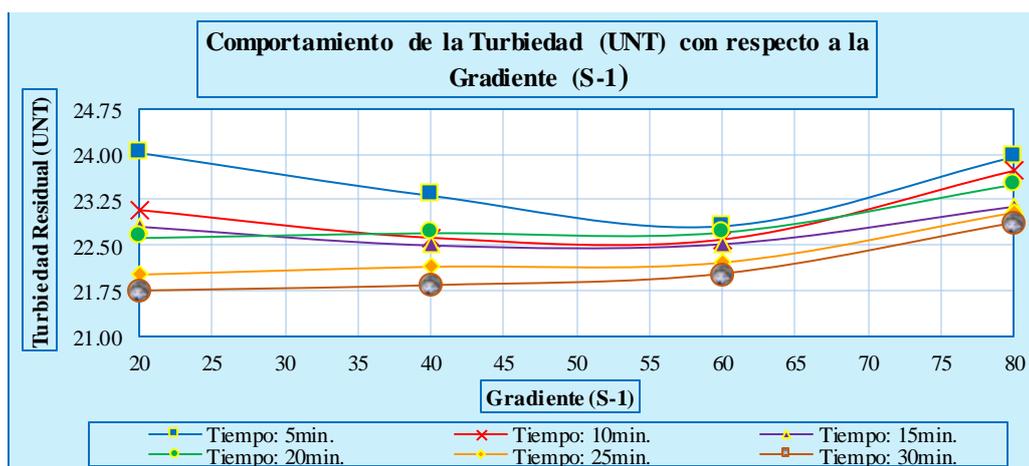


Gráfico N° 20: Selección del tiempo - RM 04

Interpretación: El gráfico presenta mayor remoción de turbiedad en un tiempo de 30 min, por tanto la cual es el tiempo seleccionado para la floculación del agua.

3.3. ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS OBTENIDAS DEL LABORATORIO.

3.3.1. PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LA MUESTRA INICIAL (AGUA CRUDA: RM – 01).

Cuadro N° 19: Características iniciales de la muestra del agua cruda del río Monterrey empleada en la investigación.

Parámetros	Muestra inicial agua cruda
	RM
Análisis Fisicoquímicos	
Alcalinidad total (mg/l CaCO ₃)	65
Cianuro total (mg/l CN ⁻)	< 0.002
Cloruros (mg/l Cl ⁻)	2
Color (TCU)	< 0.5
Conductividad (μS.cm ⁻¹)	95.4
Dureza total (mg/l CaCO ₃)	35
pH (Unid. pH)	8.05
Sólidos totales disueltos (mg/l)	78
Sulfatos (mg/l SO ₄ ⁻²)	< 25
Temperatura (°C)	12.5
Turbiedad (UNT)	71.00
Análisis de Nutrientes	
Nitratos (mg/l NO ₃ ⁻)	< 1.0
Nitritos (mg/l NO ₂ ⁻)	0.380
Análisis de Metales	
Aluminio total (mg/l Al)	0.052
Arsénico total (mg/l As)	< 0.010
Boro total (mg/l B)	< 0.050
Cadmio total (mg/l Cd)	< 0.002
Cobre total (mg/l Cu)	< 0.02
Cromo total (mg/l Cr)	0.065
Hierro total (mg/l Fe)	0.366
Manganeso total (mg/l Mn)	< 0.010
Mercurio total (mg/l Hg)	< 0.025
Molibdeno total (mg/l)	< 0.02
Níquel total (mg/l Ni)	< 0.02
Plomo total (mg/l Pb)	< 0.010
Zinc total (mg/l Zn)	< 0.05
Análisis Microbiológico	
Bacterias heterotróficas (UFC/l)	15010
Coliformes totales (UFC/l)	14400
Coliformes fecales o termotolerantes (UFC/ml)	6600
Escherichia Coli (UFC/ml)	4600
Análisis Parasitológico	
Huevos de Helminthos (Huevos/l)	Ausencia
Larvas de Helminthos (Larvas/l)	Ausencia

Fuente: Elaboración propia

3.3.2. PARÁMETROS FISCOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS ANALIZADOS DE LAS MUESTRAS DE AGUA CRUDA - RM.

Cuadro N° 20: Características de parámetros de las muestras obtenidas - agua cruda

Parámetro	Resultados de agua cruda			
	RM - 01	RM - 02	RM - 03	RM - 04
Análisis Físicoquímicos				
Alcalinidad total (mg/l CaCO ₃)	65	55	57	68
Color (TCU)	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
Conductividad (μS.cm ⁻¹)	95.4	95.8	101.6	119.5
Dureza total (mg/l CaCO ₃)	35	36	41	49
pH (Unid. pH)	8.05	7.53	7.36	7.93
Temperatura (°C)	12.50	13	13	14
Turbiedad (UNT)	71.00	23.05	43.50	85.07
Análisis de Nutrientes				
Nitritos (mg/l NO ₂ ⁻)	0.380	0.310	0.264	0.291
Análisis de Metales				
Aluminio total (mg/l Al)	0.052	0.050	0.069	0.053
Cromo total (m/l Cr)	0.065	0.011	< 0.010	< 0.010
Hierro total (mg/l Fe)	0.366	0.305	0.299	0.498
Manganeso total (mg/l Mn)	< 0.010	0.053	0.023	0.037
Análisis Microbiológico				
Coliformes fecales o termotolerantes (UFC/ml)	6600	6600	2760	6600

Fuente: Elaboración propia.

3.3.3. PARÁMETROS FISCOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE MUESTRAS ANALIZADAS DEL AGUA TRATADA - RMC.

Cuadro N° 21: Características de parámetros de las muestras obtenidas - agua tratada.

Parámetro	Resultados de agua tratada			
	RMC 01	RMC 02	RMC 03	RMC 04
Análisis Físicoquímicos				
Alcalinidad total (mg/l CaCO ₃)	64.00	56.00	58.00	68.00
Color (TCU)	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
Conductividad (μS.cm ⁻¹)	185.60	120.00	106.70	123.00
Dureza total (mg/l CaCO ₃)	69.00	45.00	43.00	51.00
pH (Unid. pH)	7.29	7.50	7.31	7.37
Temperatura (°C)	13.10	12.30	13.90	13.50
Turbiedad (UNT)	1.74	1.68	1.98	2.02
Análisis de Nutrientes				
Nitritos (mg/l NO ₂ ⁻)	0.358	0.290	0.370	0.239
Análisis de Metales				
Aluminio total (mg/l Al)	0.042	0.061	0.077	0.021
Cromo total (mg/l Cr)	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010
Hierro total (mg/l Fe)	0.299	0.309	0.379	0.437
Manganeso total (mg/l Mn)	0.062	0.065	0.048	0.036
Análisis Microbiológico				
Coliformes fecales o termotolerantes (UFC/ml)	6600	6600	2760	6600

Fuente: Elaboración propio.

3.3.4. EFICIENCIA DE VICIA FABA CON RESPECTO A LA REMOCIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS.

Cuadro N° 22: Comparación de la eficiencia de remoción de los parámetros físicoquímicos y microbiológicos.

Parámetros	Análisis de la eficiencia agua cruda con respecto agua tratada			Análisis de la eficiencia agua cruda con respecto agua tratada			Análisis de la eficiencia agua cruda con respecto agua tratada			Análisis de la eficiencia agua cruda con respecto agua tratada		
	RM 01	RMC 01	Eficiencia (%)	RM 02	RMC 02	Eficiencia (%)	RM 03	RMC 03	Eficiencia (%)	RM 04	RMC 04	Eficiencia (%)
Turbiedad (UNT)	71	1.74	97.55%	23.05	1.68	92.71%	43.50	1.98	95.45%	85.07	2.02	97.63%
Color (TCU)	0.5	0.5	0.00%	0.5	0.5	0.00%	0.5	0.5	0.00%	0.5	0.5	0.00%
Nitritos (mg/l NO ⁻²)	0.380	0.358	5.79%	0.310	0.290	6.45%	0.264	0.370	-40.15%	0.291	0.239	17.87%
Aluminio total (mg/l Al)	0.052	0.042	19.23%	0.050	0.061	-22.00%	0.069	0.077	-11.59%	0.053	0.021	60.38%
Hierro total (mg/l Fe)	0.366	0.299	18.31%	0.305	0.309	-1.31%	0.299	0.379	-26.76%	0.498	0.437	12.25%
Cromo (mg/l Cr)	0.065	0.01	84.62%	0.011	0.01	9.09%	0.01	0.01	0.00%	0.01	0.01	0.00%
Manganeso total (mg/l Mn)	0.01	0.062	-520.00%	0.053	0.065	-22.64%	0.023	0.048	-108.70%	0.037	0.036	2.70%
Coliformes fecales o termotolerantes (UFC/ml)	6600	6600	0.00%	6600	6600	0.00%	2760	2760	0.00%	6600	6600	0.00%

Fuente: Elaboración propia.

➤ **COMPORTAMIENTO Y DIAGRAMA DE BARRAS DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS.**

A. Eficiencia de remoción de la Turbiedad.

Cuadro N° 23: Eficiencia de *Vicia faba* en relación a la remoción de Turbiedad.

N° muestra	Parámetro	Análisis de los resultados con respecto a la eficiencia de remoción		
		RM	RMC	% Eficiencia
M 1	Turbiedad (UNT)	71.00	1.74	97.55%
M 2	Turbiedad (UNT)	23.05	1.68	92.71%
M 3	Turbiedad (UNT)	43.50	1.98	95.45%
M 4	Turbiedad (UNT)	85.07	2.02	97.63%

Fuente: Elaboración propia.

RM: Agua cruda.

RMC: Agua tratada (agua del río Monterrey más coagulante vicia faba).

UNT: Unidades de turbiedad.

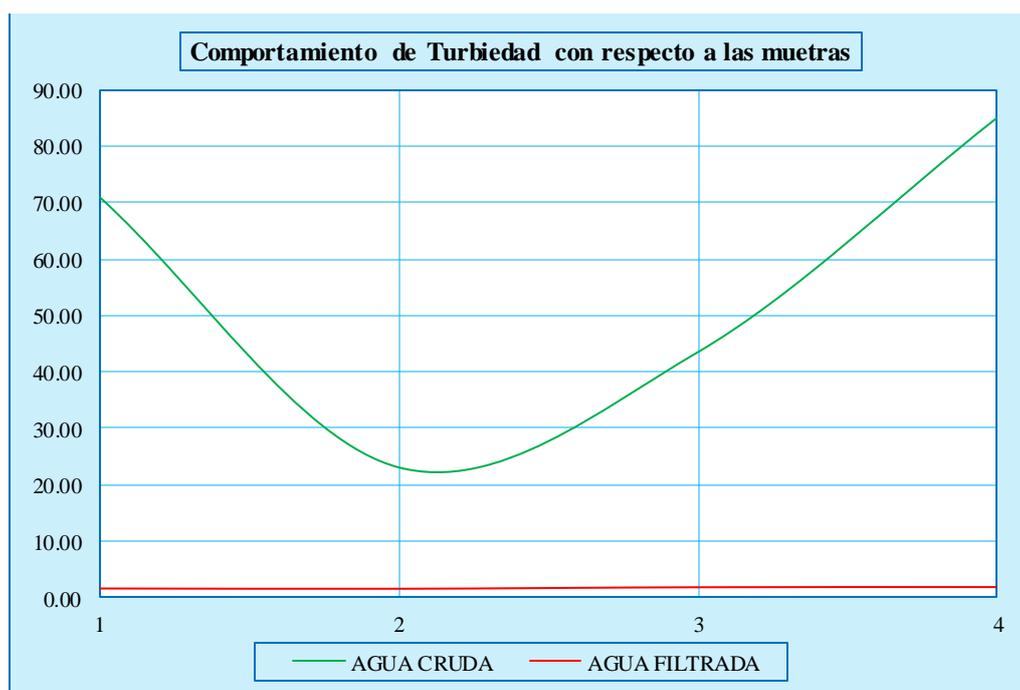


Gráfico N° 21: Comportamiento de Turbiedad con respecto a las muestras (RM, RMC).

Interpretación:

La gráfica muestra la curva de la turbiedad del agua tratada por debajo de la curva del agua cruda, la cual significa que hay una notoria remoción de la turbiedad residual en relación a la turbiedad inicial del agua cruda.

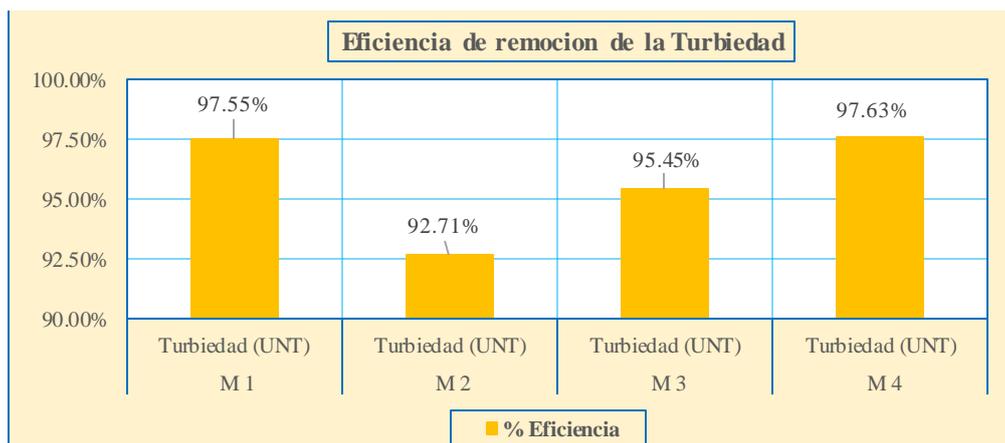


Gráfico N° 22: Eficiencia de remoción de la Turbiedad.

Interpretación:

La gráfica muestra la eficiencia remocional de turbiedad de agua tratada con el coagulante natural *Vicia faba* con respecto al agua cruda. En tanto la eficiencia remocional supera el 90% (mínimo 92.71% y máximo 97.63%).

B. Eficiencia de remoción de Color.

Cuadro N° 24: Eficiencia del coagulante *Vicia faba* en relación a la remoción de Color.

N° muestra	Parámetro	Análisis de los resultados con respecto a la eficiencia de remoción		
		RM	RMC	% Eficiencia
M 1	Color (TCU)	< 0.5	< 0.5	0.00%
M 2	Color (TCU)	< 0.5	< 0.5	0.00%
M 3	Color (TCU)	< 0.5	< 0.5	0.00%
M 4	Color (TCU)	< 0.5	< 0.5	0.00%

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

El cuadro muestra nula remoción de Color, debido a que los valores son iguales.

C. Eficiencia de remoción del Nitrito.

Cuadro N° 25: Eficiencia de *Vicia faba* en relación a la remoción de Nitritos.

N° muestra	Parámetro	Análisis de los resultados con respecto a la eficiencia de remoción		
		RM	RMC	% Eficiencia
M 1	Nitrito (mg/l NO ⁻²)	0.380	0.358	5.79%
M 2	Nitrito (mg/l NO ⁻²)	0.310	0.290	6.45%
M 3	Nitrito (mg/l NO ⁻²)	0.264	0.370	-40.15%
M 4	Nitrito (mg/l NO ⁻²)	0.291	0.239	17.87%

Fuente: Elaboración propia.

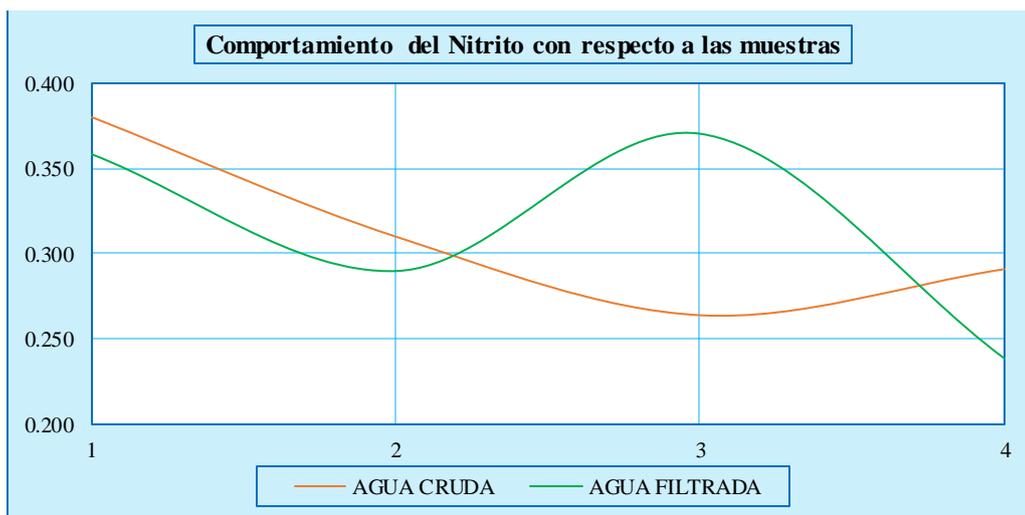


Gráfico N° 23: Comportamiento del Nitrito con respecto a las muestras (RM, RMC).

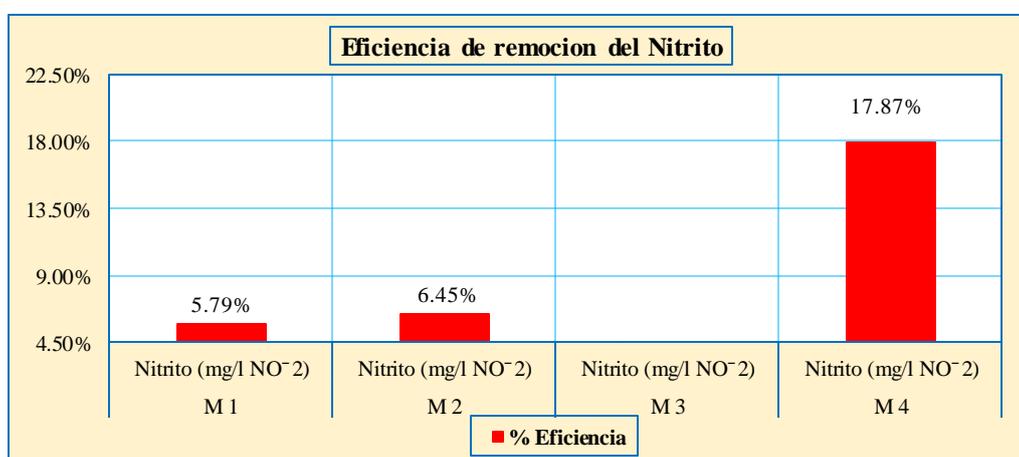


Gráfico N° 24: Eficiencia de remoción del Nitrito.

Interpretación:

El gráfico muestra la eficiencia remocional del Nitrito en relación a las muestras M1 (5.79%), M2 (6.45%) y M4 (17.8%). En tanto la muestra M3 no presenta remoción.

D. Eficiencia de remoción del Aluminio.

Cuadro N° 26: Eficiencia de *Vicia faba* en relación a la remoción de Aluminio.

N° muestra	Parámetro	Análisis de los resultados con respecto a la eficiencia de remoción		
		RM	RMC	% Eficiencia
M1	Aluminio (mg/l Al)	0.052	0.042	19.23%
M2	Aluminio (mg/l Al)	0.050	0.061	-22.00%
M3	Aluminio (mg/l Al)	0.069	0.077	-11.59%
M4	Aluminio (mg/l Al)	0.053	0.021	60.38%

Fuente: Elaboración propia.

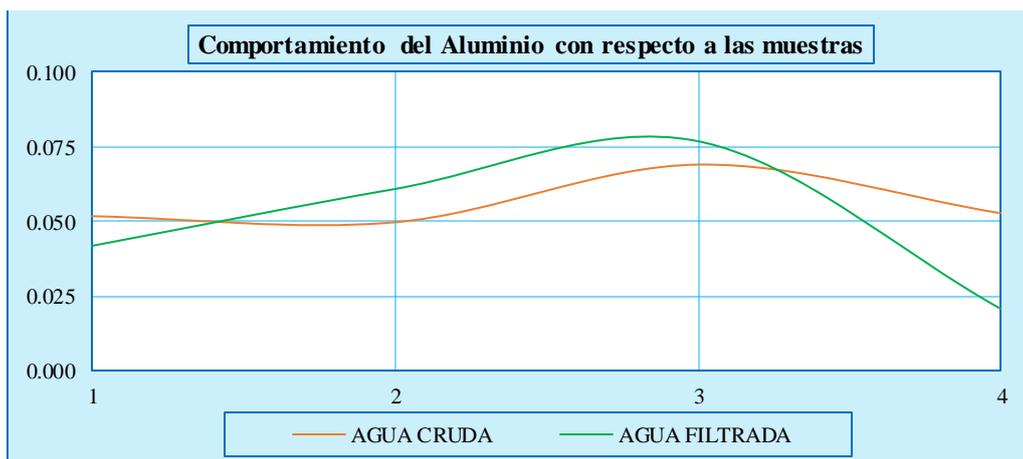


Gráfico N° 25: Comportamiento del Aluminio con respecto a las muestras (RM, RMC).

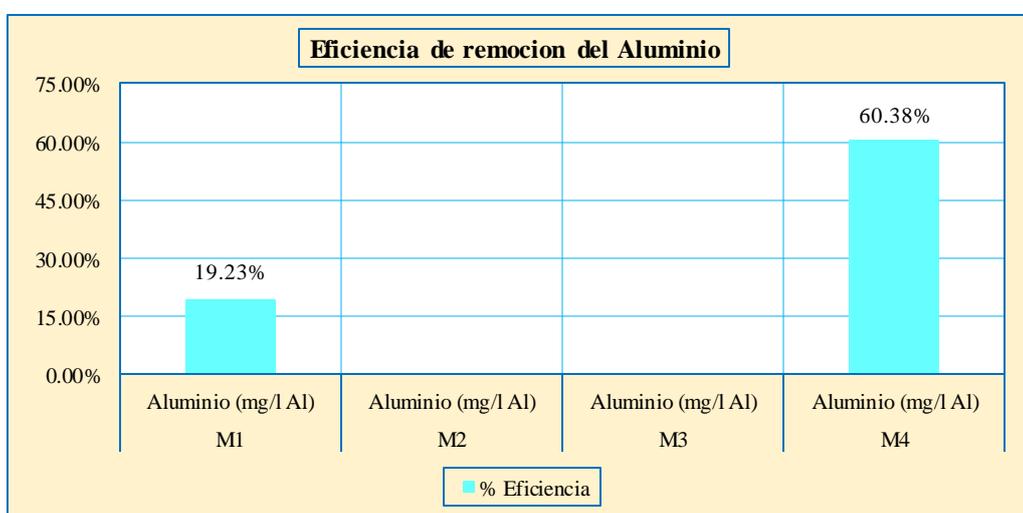


Gráfico N° 26: Eficiencia de remoción del Aluminio.

Interpretación:

La gráfica muestra la eficiencia remocional del Aluminio en relación a las muestras M1 (19.23%) y M4 (60.38%). En tanto las M2 y M3 presentan nula remoción.

E. Eficiencia de remoción del Hierro.

Cuadro N° 27: Eficiencia de *Vicia faba* en relación a la remoción de Hierro.

N° muestra	Parámetro	Análisis de los resultados con respecto a la eficiencia de remoción		
		RM	RMC	% Eficiencia
M1	Hierro (mg/l Fe)	0.366	0.299	18.31%
M2	Hierro (mg/l Fe)	0.305	0.309	-1.31%
M3	Hierro (mg/l Fe)	0.299	0.379	-26.76%
M4	Hierro (mg/l Fe)	0.498	0.437	12.25%

Fuente: Elaboración propia.

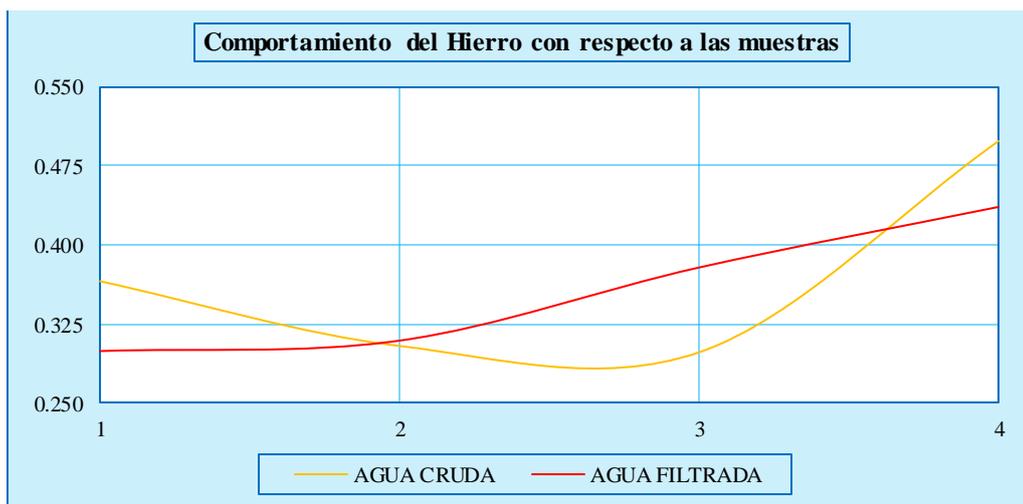


Gráfico N° 27: Comportamiento de Hierro con respecto a las muestras (RM, RMC).

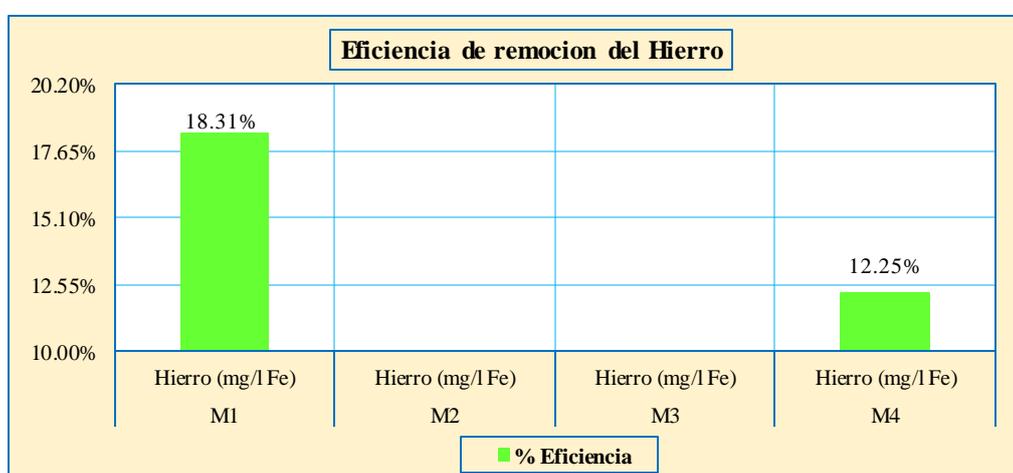


Gráfico N° 28: Eficiencia de remoción del Hierro.

Interpretación:

El gráfico muestra la eficiencia remocional del Hierro en relación a las muestras M1 (18.31%) y M4 (12.25%). En tanto las muestras M2 y M3 presentan nula remoción.

F. Eficiencia de remoción del Cromo.

Cuadro N° 28: Eficiencia de *Vicia faba* en relación a la remoción de Cromo.

N° muestra	Parámetro	Análisis de los resultados con respecto a la eficiencia de remoción		
		RM	RMC	% Eficiencia
M 1	Cromo (mg/l Cr)	0.065	0.010	84.62%
M 2	Cromo (mg/l Cr)	0.011	0.010	9.09%
M 3	Cromo (mg/l Cr)	< 0.010	< 0.010	0.00%
M 4	Cromo (mg/l Cr)	< 0.010	< 0.010	0.00%

Fuente: Elaboración propia.

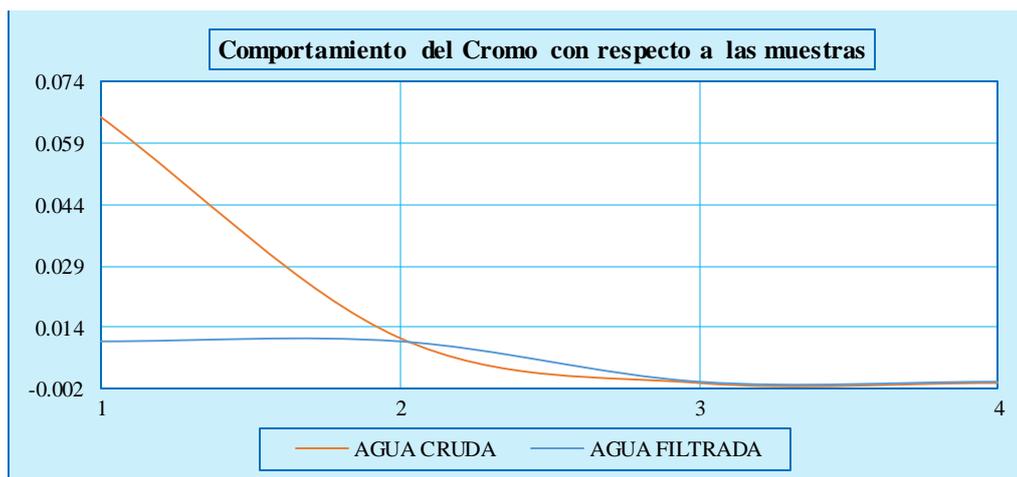


Gráfico N° 29: Comportamiento del Cromo con respecto a las muestras (RM, RMC).

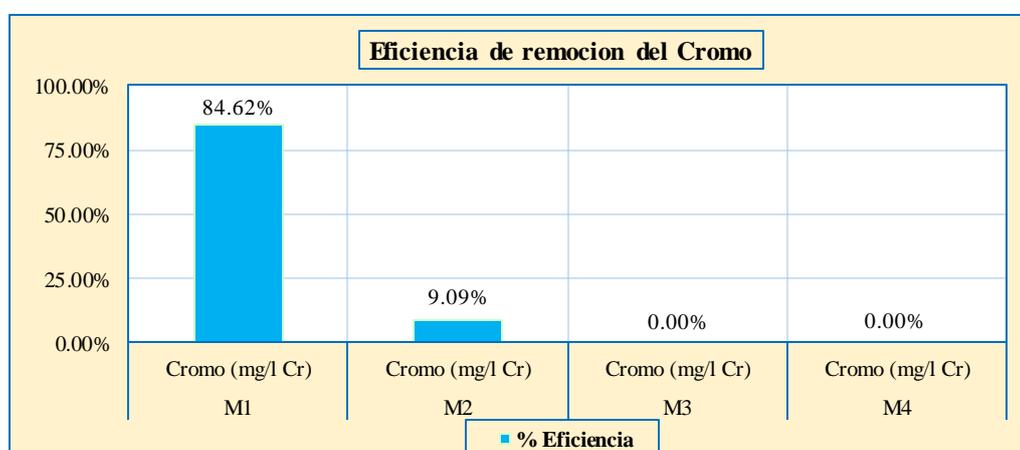


Gráfico N° 30: Eficiencia de remoción del Cromo.

Interpretación:

La gráfica muestra la eficiencia remocional del Cromo de las muestras M1 (84.62%) y M2 (9.09%) del agua tratada. En tanto las muestras M3 y M4 presentan una nula remoción de cromo.

G. Eficiencia de remoción del Manganeseo.

Cuadro N° 29: Eficiencia de *Vicia faba* en relación a la remoción del Manganeseo.

N° muestra	Parámetro	Análisis de los resultados con respecto a la eficiencia de remoción		
		RM	RMC	% Eficiencia
M 1	Manganeseo (mg/l Mn)	0.010	0.062	-520.00%
M 2	Manganeseo (mg/l Mn)	0.053	0.065	-22.64%
M 3	Manganeseo (mg/l Mn)	0.023	0.048	-108.70%
M 4	Manganeseo (mg/l Mn)	0.037	0.036	2.70%

Fuente: Elaboración propia.

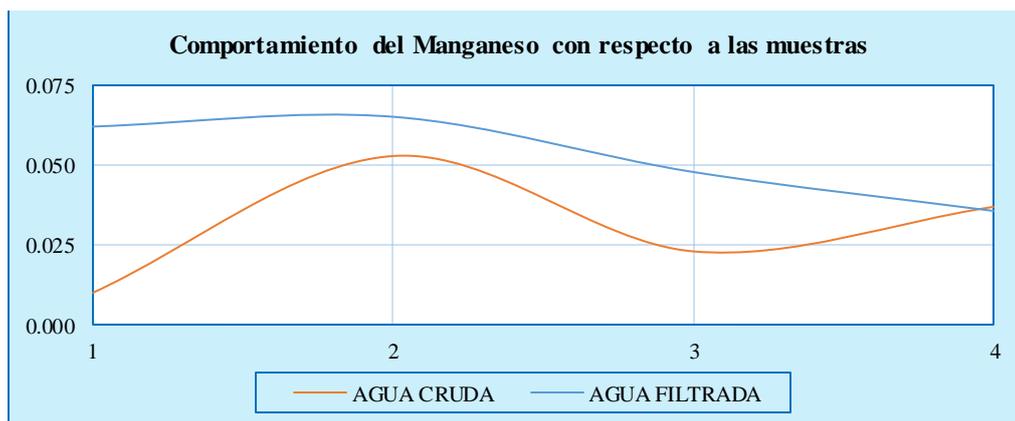


Gráfico N° 31: Comportamiento del Manganeso con respecto a las muestras (RM, RMC).

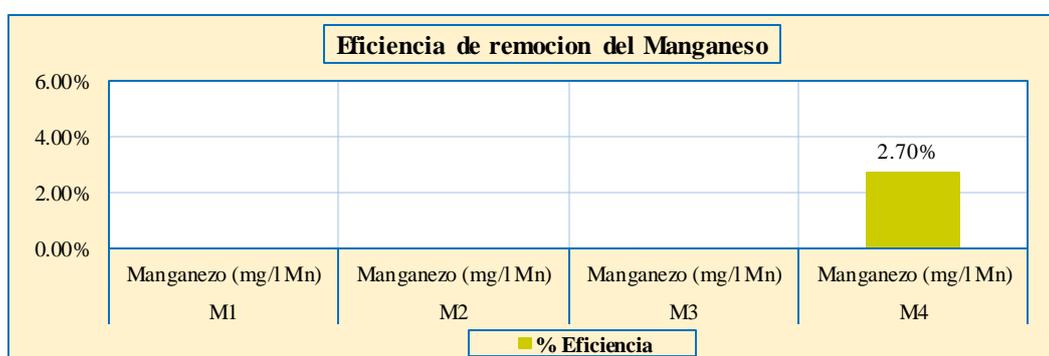


Gráfico N° 32: Eficiencia de remoción del Manganeso.

Interpretación:

El gráfico muestra la eficiencia remocional del manganeso en M4 (2.70%). En tanto las muestras M1, M2 y M3 no presentan remoción en relación al Manganeso.

H. Eficiencia de remoción de Coliformes fecales o Termotolerantes (UFC/ml).

Cuadro N° 30: Eficiencia del coagulante *Vicia faba* en relación a la remoción de Coliformes fecales o termotolerantes.

N° muestra	Parámetro	Análisis de los resultados con respecto a la eficiencia de remoción		
		RM	RMC	% Eficiencia
M 1	Coliformes fecales o termotolerantes	6600.00	6600.00	0.00%
M 2	Coliformes fecales o termotolerantes	6600.00	6600.00	0.00%
M 3	Coliformes fecales o termotolerantes	2760.00	2760.00	0.00%
M 4	Coliformes fecales o termotolerantes	6600.00	6600.00	0.00%

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

El cuadro muestra nula remoción.

3.4. COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA CRUDA CON RESPECTO A LA NORMATIVIDAD NACIONAL E INTERNACIONAL DE LA CALIDAD DEL AGUA.

Cuadro N° 31: Comparación de las muestras obtenidas del Agua Cruda con el Reglamento Nacional e Internacional de la Calidad del Agua para Consumo Humano.

Parámetros	Agua cruda				Límites máximos permisibles	
	RM - 01	RM - 02	RM - 03	RM - 04	Reglamento de calidad del agua Perú	Guidelines for Drinking Water Quality OMS, 1996
Color (TCU)	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	15	15
Conductividad ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	95.4	95.8	101.6	119.5	1 500	-
Dureza total (mg/l CaCO_3)	35	36	41	49	500	-
pH (Unid. pH)	8.05	7.53	7.36	7.93	6,5 a 8,5	6,5 a 8,5
Turbiedad (UNT)	71.00	23.05	43.50	85.07	5	5
Nitritos (mg/l NO_2^-)	0.380	0.310	0.264	0.291	3	3
Aluminio total (mg/l Al)	0.052	0.05	0.069	0.053	0,2	0,2
Cromo total (m/l Cr)	0.065	0.011	< 0.010	< 0.010	0.05	0.05
Hierro total (mg/l Fe)	0.366	0.305	0.299	0.498	0,3	0,3
Manganeso total (mg/l Mn)	< 0.010	0.053	0.023	0.037	0,4	0,5
Coliformes fecales o termotolerantes (UFC/ml)	6600	6600	2760	6600	0	0

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

En el cuadro se muestra la turbiedad de las muestras (RM-01, RM-02, RM-03, RM- 04), el cromo de la muestra (RM-01), el hierro de las muestras (RM-01, RM-02, RM-04) y los coliformes fecales o termotolerantes de las muestras (RM-01, RM-02, RM-03, RM-04) en relación con los límites máximos permisibles se encuentran por encima de los Límites Máximos Permisibles de la calidad del agua para consumo humano. Por tanto se requiere su tratamiento correspondiente mediante el uso del coagulante natural *Vicia faba*.

3.5. COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA TRATADA CON EL COAGULANTE VICIA FABÁ, CON RESPECTO A LA NORMATIVIDAD NACIONAL E INTERNACIONAL.

Cuadro N° 32: Comparación de la Calidad del Agua Tratada con el Coagulante *Vicia Faba*, con Respecto a los Límites Máximos Permisibles de los Parámetros de Calidad Organoléptica del Agua para Consumo Humano.

Parámetros	Agua Tratada				Límite máximo permisible	
	RMC 01	RMC 02	RMC 03	RMC 04	Reglamento de calidad del agua Perú	Guidelines for Drinking Water Quality OMS, 1996
Color TCU	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	15	15
Conductividad $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	185.6	120	106.7	123	1 500	-
Dureza total mg/l CaCO_3	69	45	43	51	500	-
pH Unid. pH	7.29	7.50	7.31	7.37	6,5 a 8,5	6,5 a 8,5
Turbiedad UNT	1.74	1.68	1.98	2.02	5	5
Nitritos mg/l NO_2^-	0.358	0.290	0.370	0.239	3	3
Aluminio total mg/l Al	0.042	0.061	0.077	0.021	0,2	0,2
Cromo total mg/l Cr	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	0.05	0.05
Hierro total mg/l Fe	0.299	0.309	0.379	0.437	0,3	0,3
Manganeso total mg/l Mn	0.062	0.065	0.048	0.036	0,4	0,5
Coliformes fecales o termotolerantes UFC/ml	6600	6600	2760	6600	0	0

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

En el cuadro se observa las muestras (RMC 02, RMC 03, RMC 04) del hierro y los coliformes fecales o termotolerantes en relación con los LMP se encuentran por encima de los LMP de la calidad del agua para consumo humano. Por tanto se requiere un tratamiento posterior para la remoción del hierro y seguidamente la desinfección (cloración) para la eliminación de los coliformes fecales o termotolerantes. Por tanto el agua del río Monterrey posee hierro y coliformes fecales o termotolerantes en sus aguas.

3.6. COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LAS MUESTRAS OBTENIDAS CON RESPECTO A LA NORMATIVIDAD NACIONAL E INTERNACIONAL DE LA CALIDAD DEL AGUA.

Cuadro N° 33: Comparación de la calidad del agua de las muestras obtenidas con respecto a los Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica del agua para consumo humano.

Parámetros	Muestra Agua cruda				Muestra Agua tratada				Límite máximo permisible	
	RM 01	RM 02	RM 03	RM 04	RMC 01	RMC 02	RMC 03	RMC 04	Reglamento de calidad del agua Perú	Guidelines for Drinking - Water Quality OMS, 1996
Color TCU	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	15	15
Conductividad $\mu\text{S.cm}^{-1}$	95.4	95.8	101.6	119.5	185.6	120	106.7	123	1500	1500
Dureza total mg/l CaCO_3	35	36	41	49	69	45	43	51	500	500
pH Unid. pH	8.05	7.53	7.36	7.93	7.29	7.5	7.31	7.37	6,5 a 8,5	6,5 a 8,5
Turbiedad UNT	71	23.05	43.50	85.07	1.74	1.68	1.98	2.02	5	5
Nitritos mg/l NO^{-2}	0.380	0.310	0.264	0.291	0.358	0.290	0.370	0.239	3	3
Aluminio total mg/l Al	0.052	0.050	0.069	0.053	0.042	0.061	0.077	0.021	0,2	0,2
Cromo total mg/l Cr	0.065	0.011	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	0.05	0.05
Hierro total mg/l Fe	0.366	0.305	0.299	0.498	0.299	0.309	0.379	0.437	0,3	0,3
Manganeso total mg/l Mn	< 0.010	0.053	0.023	0.037	0.062	0.065	0.048	0.036	0,4	0,5
Coliformes fecales o termotolerantes UFC/ml	6600	6600	2760	6600	6600	6600	2760	6600	0	0

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: El cuadro muestra (RMC 02, RMC 03, RMC 04) del hierro y los coliformes fecales o termotolerantes en relación a las muestras (RMC 01, RMC 02, RMC 03, RMC 04) de hierro y los coliformes fecales o termotolerantes no son removidos y se encuentran por encima de los LMP de la calidad del agua para consumo humano. Por tanto se requiere un tratamiento posterior para la remoción del hierro y seguidamente la desinfección (cloración) para la eliminación de los coliformes fecales o termotolerantes.

3.6.1. DIAGRAMA DE BARRAS DE COMPARACIÓN DE RESULTADOS (RM - RMC) CON LA NORMATIVIDAD NACIONAL E INTERNACIONAL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.

➤ DIAGRAMA DE BARRAS DE LA TURBIEDAD.

Cuadro N° 34: Comparación de la Turbiedad con los LMP.

N° de muestra	Parámetro	Resultados		LMP	
		RM	RMC	RCA	OMS
Primera muestra	Turbiedad (UNT)	71	1.74	5	5
Segunda muestra	Turbiedad (UNT)	23.05	1.68	5	5
Tercera muestra	Turbiedad (UNT)	43.5	1.98	5	5
Cuarta muestra	Turbiedad (UNT)	85.07	2.02	5	5

Fuente: Elaboración propia.

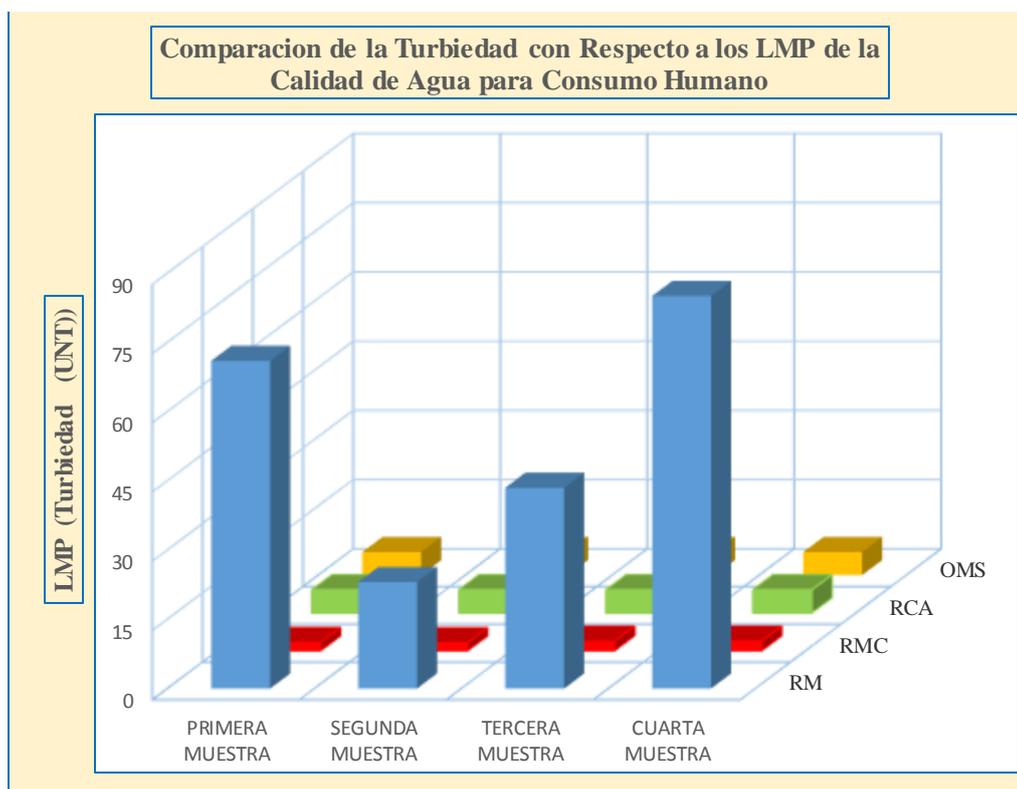


Gráfico N° 33: Comparación de los resultados obtenidos de Turbiedad con la Normatividad Nacional e Internacional.

Interpretación:

Según el diagrama de barras se muestra que la turbiedad del agua tratada se encuentra por debajo de los límites máximos permisibles de la calidad del agua para consumo humano.

➤ **DIAGRAMA DE BARRAS DEL COLOR**

Cuadro N° 35: Comparación del Color con los LMP.

N° de muestra	Parámetro	Resultados		LMP	
		RM	RMC	RCA	OMS
Primera muestra	Color (TCU)	< 0.5	< 0.5	15	15
Segunda muestra	Color (TCU)	< 0.5	< 0.5	15	15
Tercera muestra	Color (TCU)	< 0.5	< 0.5	15	15
Cuarta muestra	Color (TCU)	< 0.5	< 0.5	15	15

Fuente: Elaboración propia.

RCA: reglamento de calidad del agua para consumo humano - Perú.

LMP: limite máximo permisible

OMS: "Guidelines for Drinking - Water Quality OMS, 1996".

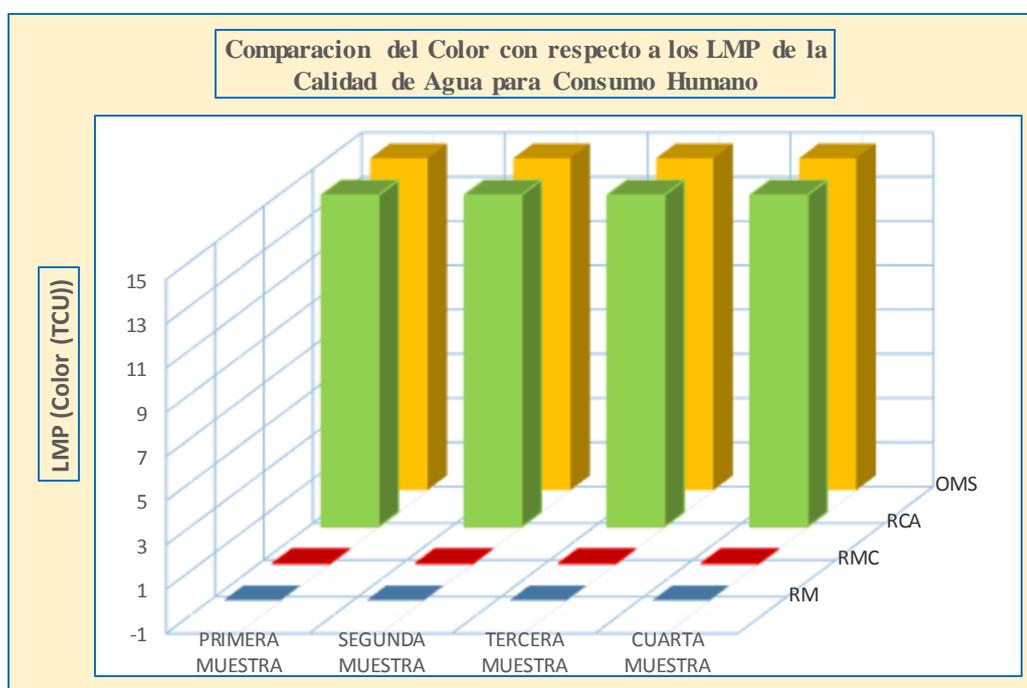


Gráfico N° 34: Comparación del Color con la Normatividad Nacional e Internacional.

Interpretación:

En el diagrama de barras se muestra la comparación de los resultados de la turbiedad (RM – RMC) en relación con los LMP de la normatividad nacional e internacional. Según el diagrama de barras se muestra que los resultados del agua tratada con respecto al color se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles de la calidad del agua para consumo humano. Así como también no se muestra diferencia entre el agua cruda y el tratada, la cual es debido a que el equipo de medición de color posee como mínima medición hasta 0.5 TCU.

➤ **DIAGRAMA DE BARRAS DEL NITRITO.**

Cuadro N° 36: Comparación del Nitrito con los LMP.

N° de muestra	Parámetro	Resultados		LMP	
		RM	RMC	RCA	OMS
Primera muestra	Nitritos (mg/l NO ⁻²)	0.380	0.358	3	3
Segunda muestra	Nitritos (mg/l NO ⁻²)	0.310	0.290	3	3
Tercera muestra	Nitritos (mg/l NO ⁻²)	0.264	0.370	3	3
Cuarta muestra	Nitritos (mg/l NO ⁻²)	0.291	0.239	3	3

Fuente: Elaboración propia.

RCA: reglamento de calidad del agua para consumo humano - Perú.

LMP: limite máximo permisible

OMS: "Guidelines for Drinking - Water Quality OMS, 1996".

RM: agua cruda.

RMC: agua tratada (agua del río Monterrey más coagulante vicia faba)

M: muestra (primera, segunda, tercera, cuarta muestra).

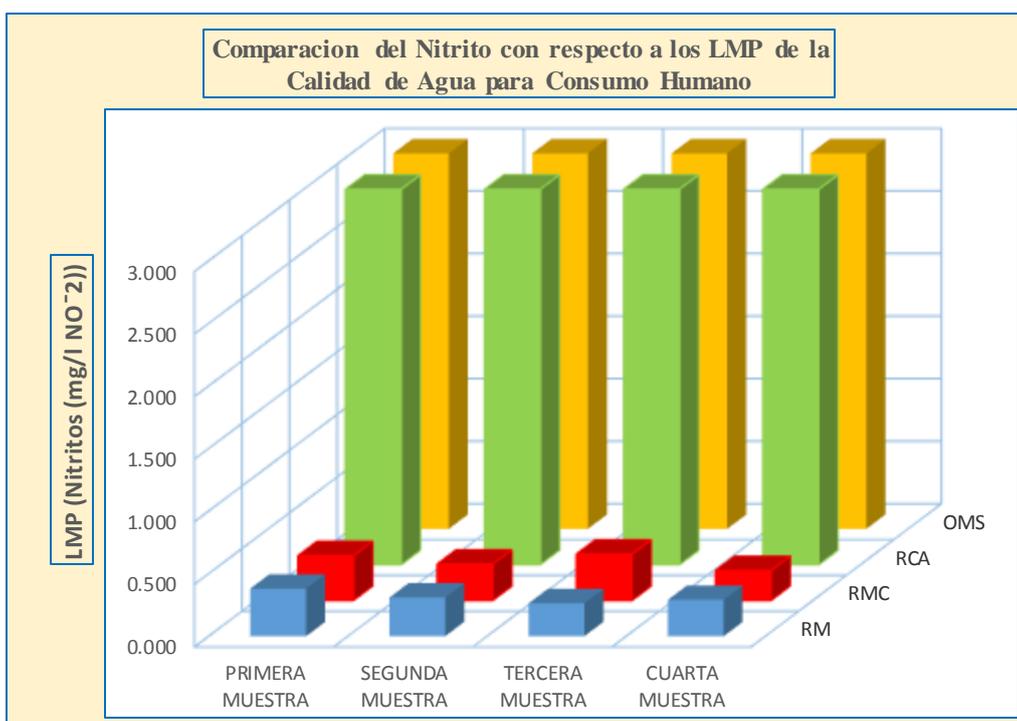


Gráfico N° 35: Comparación del Nitrito con la Normatividad Nacional e Internacional.

Interpretación:

En el diagrama de barras se muestra la comparación de las muestras obtenidas (RM – RMC) en relación con los LMP de la normatividad nacional e internacional. Según el diagrama de barras del agua tratada con respecto al Nitrito se encuentra por debajo de los límites máximos permisibles indicados para el Nitrito.

➤ **DIAGRAMA DE BARRAS DEL ALUMINIO.**

Cuadro N° 37: Comparación del Aluminio con los LMP.

N° de muestra	Parámetro	Resultados		LMP	
		RM	RMC	RCA	OMS
Primera muestra	Aluminio total (mg/l Al)	0.052	0.042	0.2	0.2
Segunda muestra	Aluminio total (mg/l Al)	0.050	0.061	0.2	0.2
Tercera muestra	Aluminio total (mg/l Al)	0.069	0.077	0.2	0.2
Cuarta muestra	Aluminio total (mg/l Al)	0.053	0.021	0.2	0.2

Fuente: Elaboración propia.

RCA: reglamento de calidad del agua para consumo humano - Perú.

LMP: limite máximo permisible

OMS: "Guidelines for Drinking - Water Quality OMS, 1996".

RM: agua cruda.

RMC: agua tratada (agua del río Monterrey más coagulante vicia faba)

M: muestra (primera, segunda, tercera, cuarta muestra).

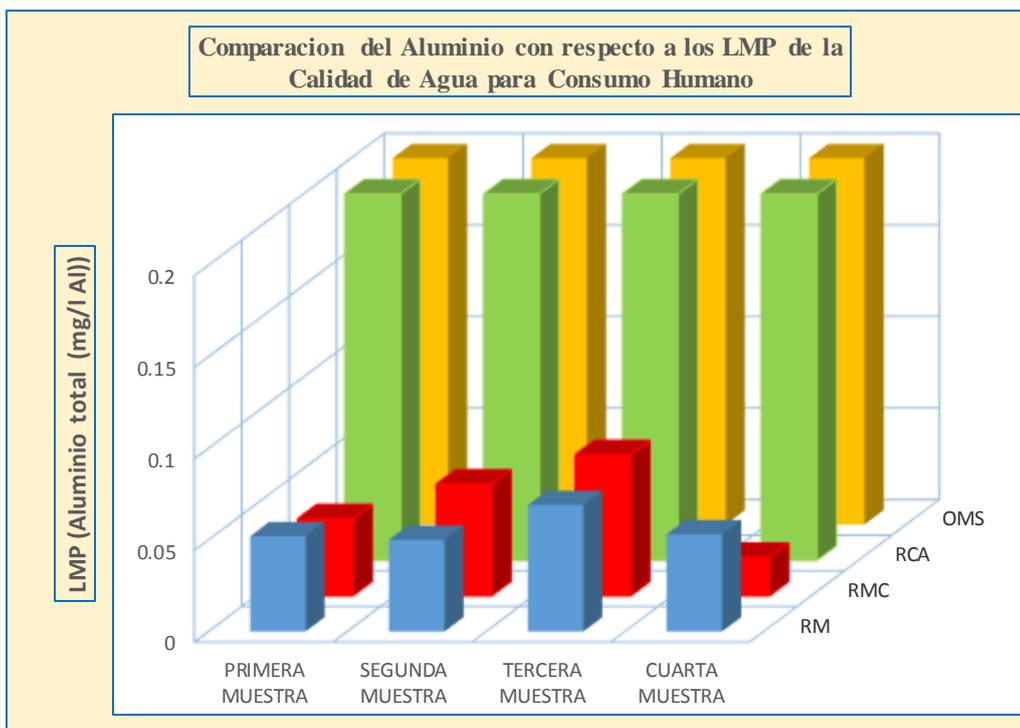


Gráfico N° 36: Comparación del Aluminio con la Normatividad Nacional e Internacional.

Interpretación:

En el diagrama de barras se muestra la comparación de las muestras obtenidas (RM – RMC) en relación con los LMP de la normatividad nacional e internacional. Según el diagrama de barras del agua tratada con respecto al Aluminio si cumple o se encuentra por debajo de los límites máximos permisibles indicados para el Aluminio.

➤ **DIAGRAMA DE BARRAS DEL CROMO.**

Cuadro N° 38: Comparación del Cromo con los LMP.

N° de muestra	Parámetro	Resultados		LMP	
		RM	RMC	RCA	OMS
Primera muestra	Cromo total (mg/l Cr)	0.065	0.01	0.05	0.05
Segunda muestra	Cromo total (mg/l Cr)	0.011	0.01	0.05	0.05
Tercera muestra	Cromo total (mg/l Cr)	0.01	0.01	0.05	0.05
Cuarta muestra	Cromo total (mg/l Cr)	0.01	0.01	0.05	0.05

Fuente: Elaboración propia.

RCA: reglamento de calidad del agua para consumo humano - Perú.

LMP: limite máximo permisible

OMS: "Guidelines for Drinking - Water Quality OMS, 1996".

RM: agua cruda.

RMC: agua tratada (agua del río Monterrey más coagulante vicia faba)

M: muestra (primera, segunda, tercera, cuarta muestra).

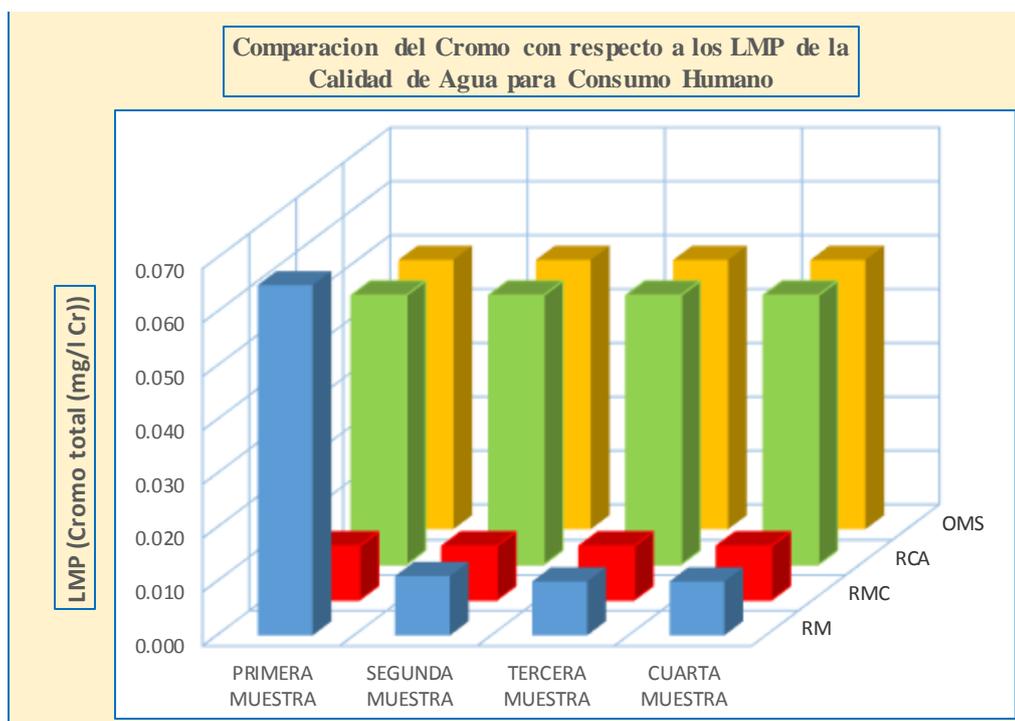


Gráfico N° 37: Comparación del Cromo con la Normatividad Nacional e Internacional.

Interpretación:

En el diagrama de barras se muestra la comparación de las muestras obtenidas (RM – RMC) en relación con los LMP de la normatividad nacional e internacional. Según el diagrama de barras del agua tratada con respecto al parámetro analizado del Cromo si cumple o se encuentra por debajo de los límites máximos permisibles.

➤ **DIAGRAMA DE BARRAS DEL HIERRO.**

Cuadro N° 39: Comparación del Hierro con los LMP.

N° de Muestra	Parámetro	Resultados			LMP
		RM	RMC	RCA	OMS
Primera muestra	Hierro total (mg/l Fe)	0.366	0.299	0.3	0.3
Segunda muestra	Hierro total (mg/l Fe)	0.305	0.309	0.3	0.3
Tercera muestra	Hierro total (mg/l Fe)	0.299	0.379	0.3	0.3
Cuarta muestra	Hierro total (mg/l Fe)	0.498	0.437	0.3	0.3

Fuente: Elaboración propia.

RCA: reglamento de calidad del agua para consumo humano - Perú.

LMP: limite máximo permisible

OMS: "Guidelines for Drinking - Water Quality OMS, 1996".

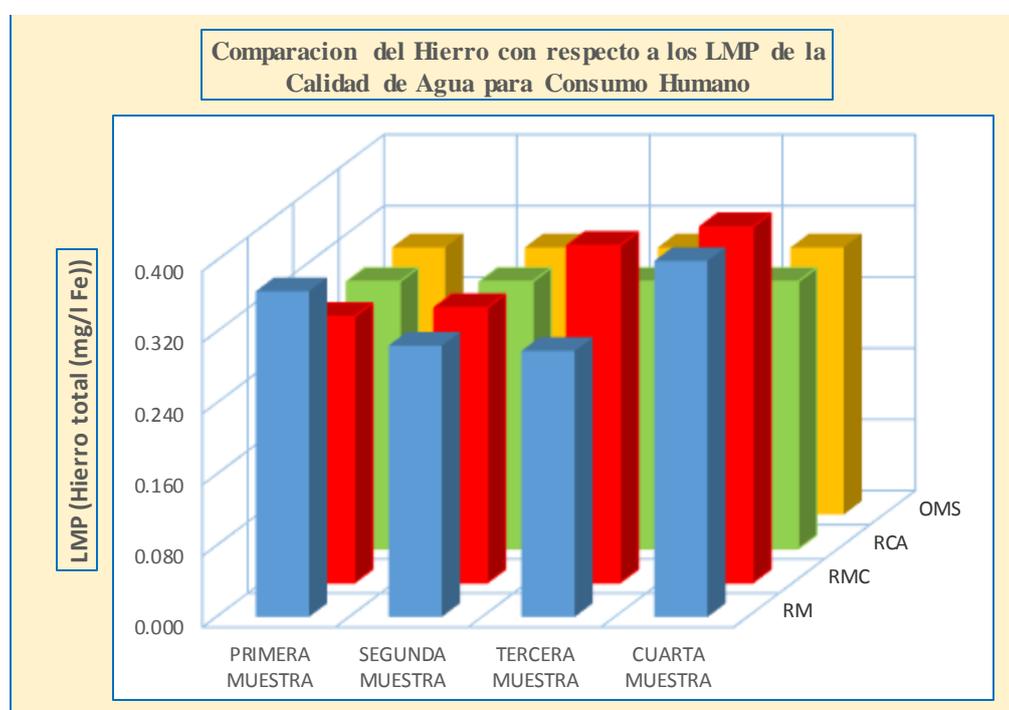


Gráfico N° 38: Comparación del Hierro con la Normatividad Nacional e Internacional.

Interpretación:

En el diagrama de barras se muestra la comparación de las muestras obtenidas (RM – RMC) en relación con los LMP de la normatividad nacional e internacional. Según la comparación se muestra tanto como las muestras M2 (0.309), M3 (0.379) y M4 (0.437) no cumplen con los límites máximos permisibles. Por tanto se requiere de un tratamiento posterior para la eliminación del Hierro.

➤ **DIAGRAMA DE BARRAS DEL MANGANESO.**

Cuadro N° 40: Comparación de Manganeso con los LMP.

N° de muestra	Parámetro	Resultados		LMP	
		RM	RMC	RCA	OMS
Primera muestra	Manganeso total (mg/l Mn)	0.010	0.062	0.4	0.5
Segunda muestra	Manganeso total (mg/l Mn)	0.053	0.065	0.4	0.5
Tercera muestra	Manganeso total (mg/l Mn)	0.023	0.048	0.4	0.5
Cuarta muestra	Manganeso total (mg/l Mn)	0.037	0.036	0.4	0.5

Fuente: Elaboración propia

RCA: reglamento de calidad del agua para consumo humano - Perú.

LMP: limite máximo permisible

OMS: "Guidelines for Drinking - Water Quality OMS, 1996".

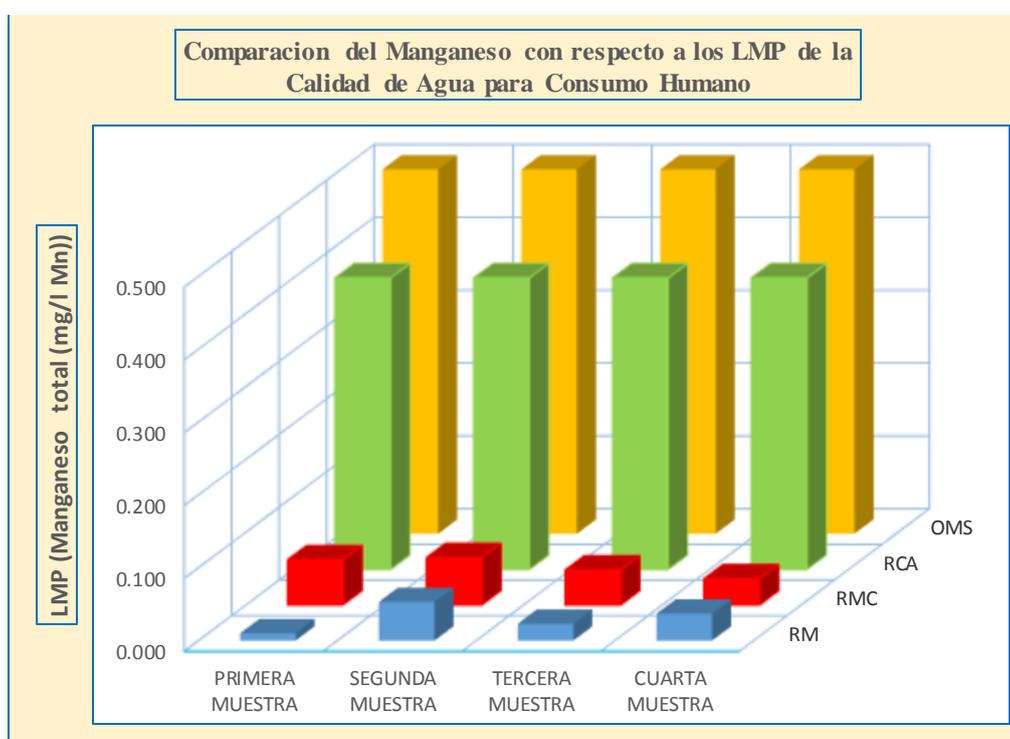


Gráfico N° 39: Comparación del Manganeso con la Normatividad Nacional e Internacional.

Interpretación:

En el diagrama de barras se muestra la comparación de las muestras obtenidas (RM – RMC) en relación con los LMP de la normatividad nacional e internacional. Según la comparación se muestra tanto como la muestra de agua cruda y agua tratada se encuentran dentro de los límites máximos permisibles. Por tanto el agua tratada no requiere de ningún tratamiento posterior.

➤ **DIAGRAMA DE BARRAS DE COLIFORMES FECALES O TERMOTOLERANTES.**

Cuadro N° 41: Comparación de Coliformes fecales o Termotolerantes con los LMP.

N° de muestra	Parámetro	Resultados		LMP	
		RM	RMC	RCA	OMS
Primera muestra	Coliformes fecales o termotolerantes (UFC/ml)	6600	6600	0	0
Segunda muestra	Coliformes fecales o termotolerantes (UFC/ml)	6600	6600	0	0
Tercera muestra	Coliformes fecales o termotolerantes (UFC/ml)	2760	2760	0	0
Cuarta muestra	Coliformes fecales o termotolerantes (UFC/ml)	6600	6600	0	0

Fuente: Elaboración propia.

RCA: Reglamento de calidad del agua para consumo humano - Perú.

LMP: Limite máximo permisible

OMS: "Guidelines for Drinking - Water Quality OMS, 1996".

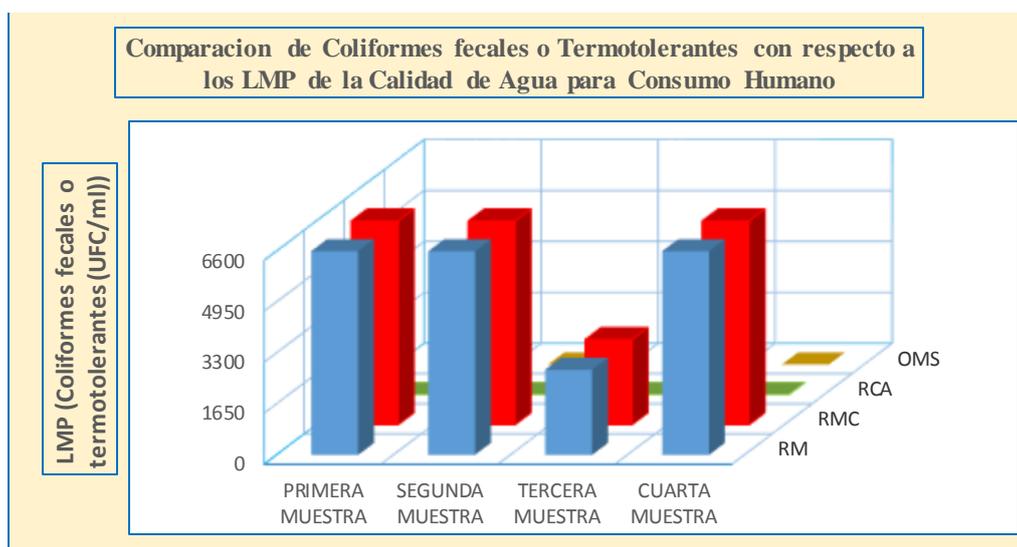
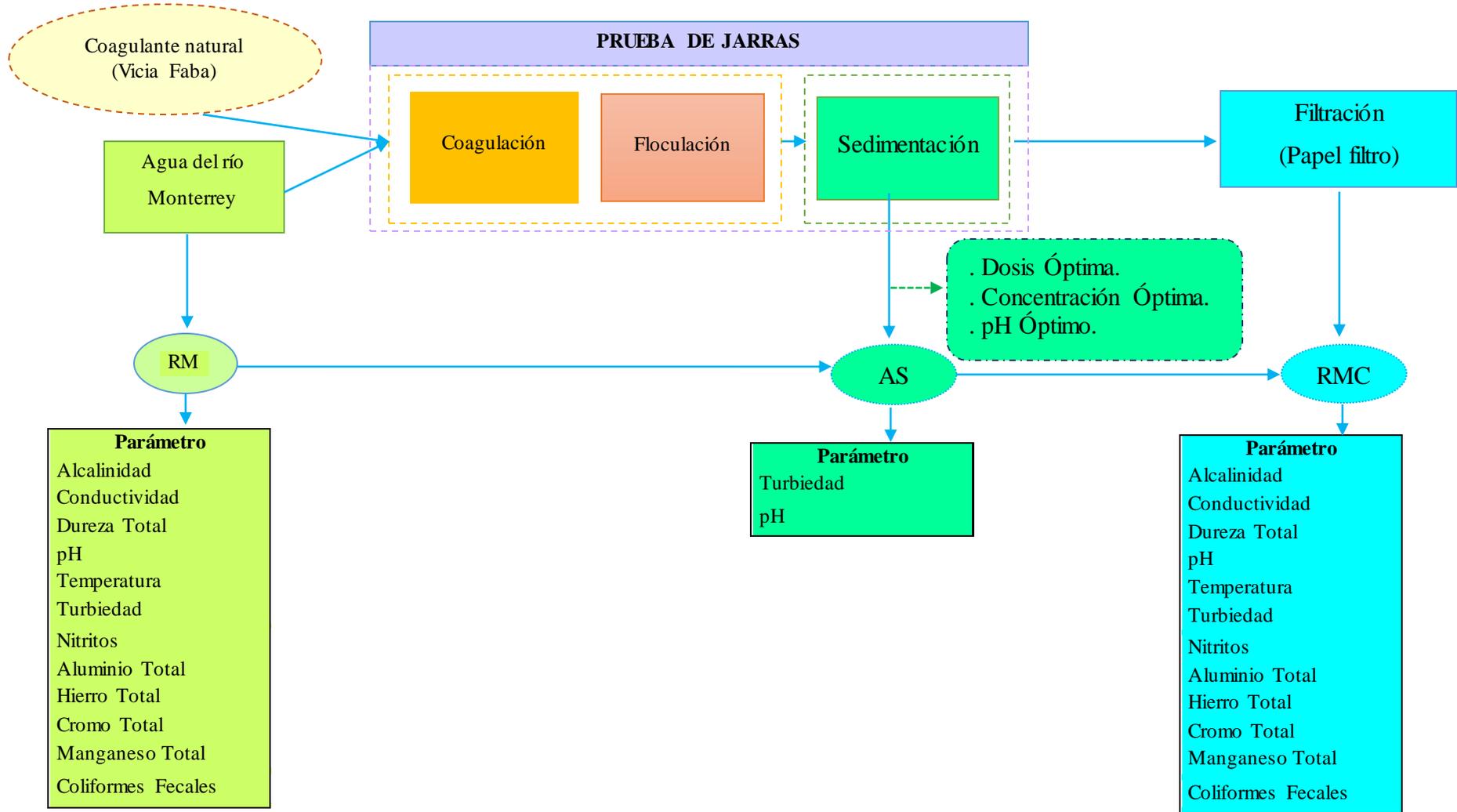


Gráfico N° 40: Comparación de Coliformes fecales o Termotolerantes con la Normatividad Nacional e Internacional.

Interpretación:

En el diagrama de barras se muestra la comparación de las muestras obtenidas (RM – RMC) en relación con los LMP de la normatividad nacional e internacional. Según la comparación se muestra tanto como la muestra de agua cruda y agua tratada no cumplen con los límites máximos permisibles de la calidad del agua para consumo humano, debido a que el coagulante *Vicia faba* no posee las características bactericidas. Por tanto se requiere del proceso de desinfección, para la eliminación de los coliformes fecales o termotolerantes del agua tratada.

3.7. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DEL AGUA DEL RÍO MONTERREY – VICIA FABA



CAPITULO IV.

DISCUSIÓN

4.1. DISCUSIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DE LAS MUESTRAS OBTENIDAS (RM Y RMC).

4.1.1. MUESTRA DE AGUA CRUDA (RM).

El Color mantiene su valor de 0.5 TCU. El Hierro, Turbiedad y Coliformes fecales o Termotolerantes están por encima de los LMP de agua para consumo humano.

4.1.2. MUESTRA DE AGUA TRATADA (RMC).

- ✓ La turbidez presenta en promedio 1.86 UNT, encontrándose dentro del LMP.
- ✓ Los coliformes fecales presentan en promedio 5640 UFC/ml y el hierro presenta en promedio 0.356 mg/Fe, estando por encima de los LMP.

4.2. DISCUSIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS PARÁMETROS ANALIZADOS.

- ✓ El comportamiento de turbiedad del agua cruda y agua tratada es variable durante el período de muestreo.
- ✓ El Color mantiene su valor de agua cruda y tratada. El pH, nitrito, aluminio, hierro, manganeso, varían su valor durante la toma de muestras de agua cruda y tratada.

- ✓ En cuanto a los Coliformes fecales el primero, el tercero y cuarto muestreó del agua cruda y tratada no varían, en cambio el segundo muestreó si varía.
- ✓ En cuanto al comportamiento del Cromo si varia en las primeras muestras a excepción de las demás muestras que se mantienen.

4.3. DISCUSIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y BACTERIOLÓGICOS DEL AGUA TRATADA CON RESPECTO AL AGUA CRUDA.

En relación a los parámetros de turbiedad se observa una mayor eficiencia de remoción del 92.71% hasta un 97.63% mediante el uso del coagulante *Vicia faba*. Se observa también una remoción mínima de los parámetros (nitrito, cromo, hierro, aluminio, manganeso) como también una deficiencia de remoción de algunos parámetros (nitrito, aluminio, hierro, manganeso), así como también una remoción nula de coliformes fecales o termotolerantes y del color.

4.4. DISCUSIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA TRATADA CON RESPECTO A LA NORMATIVIDAD NACIONAL E INTERNACIONAL.

Luego de realizar el análisis de resultados se comparó la calidad del agua tratada mediante el uso del coagulante de la *Vicia faba*, la cual presentan que los parámetros como la turbiedad, nitrito, color, dureza, alcalinidad, pH, aluminio, manganeso, cromo están dentro del rango que establece el reglamento de calidad de agua para consumo humano del estado peruano y la OMS mostrándose valores por debajo de lo establecido. Se observa que los parámetros como el hierro y los coliformes fecales están fuera de los límites máximos permisibles.

4.5. DISCUSIÓN DE LA EFICIENCIA DEL COAGULANTE VICIA FABA EN RELACIÓN A LA REMOCIÓN DE LA TURBIEDAD.

Según el análisis de la eficiencia del coagulante *Vicia faba* en relación a la turbiedad, se mostró que si es eficiente, y logrando que el agua tratada en cuanto al parámetro de la turbiedad se encuentra por muy debajo de lo establecido en límite máximo permisible de la calidad del agua.

CAPITULO V.

CONCLUSIONES.

Luego de realizar el presente estudio de investigación y obtener los resultados del laboratorio utilizando como coagulante natural la *Vicia faba* se llega a las siguientes conclusiones:

- Se utilizó la *Vicia faba* como coagulante natural en el tratamiento de las aguas del río Monterrey, específicamente en los procesos de coagulación, floculación y sedimentación, mostrando una alta eficiencia en cuanto a la remoción de turbiedad.
- Se determinó los parámetros hidráulicos, como es la gradiente de velocidad en la floculación ortocinética utilizando el coagulante *Vicia faba*, para la remoción de turbiedad del río Monterrey. Dando resultado a una gradiente de velocidad optima de 20 S-1 para el tratamiento de las aguas del río Monterrey, con un tiempo para la formación de flocs de 30 minutos.
- Se determinó la dosis, concentración y pH optimo del coagulante *Vicia faba* para el tratamiento de las aguas del río Monterrey, obteniéndose los siguientes resultados: (para una turbiedad de 71 UNT de la muestra de agua RM 01 de fecha 07/04/2017: se requiere una dosis optimo 40 mg/L, una concentración optima 5.90 % y un pH optimo 7.5), (para una turbiedad de 23.05 UNT de la muestra de agua RM 02 de

fecha 07/05/2017: se requiere una dosis optimo 30 mg/L, concentración optima 3.50 % y un pH optimo 7.5), (para una turbiedad de 43.50 UNT de la muestra de agua RM 03 de fecha 22/05/2017: se requiere una dosis optimo 35 mg/L, concentración optima 4.30 % y un pH optimo 7.5), (para una turbiedad de 85.07 UNT de la muestra de agua RM 04 de fecha 04/06/2017: se requiere una dosis optimo 35 mg/L, concentración optima 4.70 % y un pH optimo 7.5).

- En cuanto a la eficiencia de la *Vicia faba* como coagulante natural, en relación a la remoción de turbiedad del río Monterrey, se obtuvo una alta eficiencia de remoción de la turbiedad reportando un valor (mínimo 92.71% y máximo 97.63%) mediante el proceso de filtración.
- Además se determinó la eficiencia de la vicia faba en relación a la remoción de los siguientes parámetros: color, reportándose una nula remoción de color, debido a que los resultados reportados de las muestras obtenidas (RM-RMC) son iguales, según el equipo de medición de color, en cuanto a la remoción de nitritos, aluminio, cromo, manganeso, hierro resulta ser ineficiente el coagulante vicia faba, según el análisis estadístico, la cual es debido a una de las causas generadas por las aguas provenientes de las aguas de los terrenos agrícolas, causadas por las lluvias, en cuanto a la remoción de coliformes fecales o termotolerantes es nula, debido a que el coagulante vicia faba no posee la propiedad bactericida.
- En cuanto a las características del agua tratada del río Monterrey de acuerdo al análisis se reportó que contiene hierro (0.356 mg/fe en promedio) y coliformes fecales o termotolerantes (5640 UFC/ml en promedio) por encima de los límites máximos permisibles de la calidad del agua para consumo humano.
- Se comparó los parámetros del agua tratada con la normatividad nacional e internacional de la calidad de agua para consumo humano, donde se obtuvo que los parámetros como la turbiedad, color, nitritos, dureza, conductividad, alcalinidad, aluminio, cromo, manganeso se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles.

RECOMENDACIONES.

De acuerdo al análisis del presente estudio de investigación sobre el uso del coagulante *Vicia faba* se considera las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda el uso del coagulante *Vicia faba* como un ayudante para el proceso de tratamiento de las aguas superficiales, en vista que resulta ser eficiente en relación a la remoción de turbiedad.
- Llevar a cabo más estudios de investigación a escala piloto a fin de estudiar de forma más detallada de la acción del coagulante natural *Vicia faba* en el proceso de tratamiento del agua con fines de consumo humano. Ya que el coagulante natural *Vicia faba* posee características y propiedades nutritivas y curativas para el ser humano.
- Comparar el uso del coagulante natural *Vicia faba* con otros tipos de coagulantes químicos a fin de demostrar su eficiencia remocional y reducción de los coagulantes químicos en el proceso de potabilización del agua para consumo humano, ya que los coagulantes químicos resultan tener efectos secundarios en el ser humano, según algunos estudios reportados.
- Con la finalidad de mejorar el proceso de tratamiento del agua del río Monterrey se recomienda realizar el proceso de adsorción y oxidación para la remoción del hierro, así como también la desinfección correspondiente.

CAPITULO VI.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- ANDIA CÁRDENAS, Y. (2000), tratamiento de agua, coagulación y floculación, SEDAPAL, lima.
- ARBOLEDA Valencia, J., (1973) "Teoría, Diseño y Control de los Procesos De Clarificación del agua", Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), OSP/OMS, Lima.
- ARBOLEDA VALENCIA, J., (2000), Teoría y práctica de la purificación del agua, tercera edición, tomo 2, Santa fe de Bogotá, Colombia.
- CANEPA DE VARGAS L., MALDONADO YÁCTAYO, V. (2004) Tratamiento de agua para consumo Humano - Plantas de filtración Rápida, Manual Teoría Tomo I, Lima, CEPIS/OPS.
- CÁRDENAS LEÓN, J. A. (1981). Calidad de aguas para estudiantes de ciencias ambientales Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- CARO, I. (1992), Obtención de concentrados proteicos a partir de harina de haba (Vicia faba), universidad nacional de Colombia, Bogotá.
- CUBERO, J. I., (1983), Origen, evolución y mejora genética de las leguminosas de grano.
- CUBERO, J. I., (1974), on the evolution of Vicia faba L.
- DEGRÉMONT. (1979), Manual Técnico de Agua, Bilbao, (4ª ed.).
- DUC, G. (1997), Faba bean (Vicia faba L.). Field Crops Research.

- DUKE, J.A. (1981), Handbook of legumes of world economic importance. New York.
- GARCÍA, F. (2007). Metodología de extracciones in situ de coagulantes naturales para la clarificación de agua superficial y aplicación en países en vía de desarrollo.
- KIRCHMER, CLIFF, J., “aspectos químicos y físicos de la coagulación del agua”, CEPIS. Lima.
- LOZANO RIVAS & LOZANO BRAVO, (2015) uso de coagulantes naturales en el proceso del agua, dosis de coagulante aplicada a la muestra.
- MANUAL DE POTABILIZACIÓN DE AGUA, (2002), 4ta edición, Medellín, universidad nacional de Colombia, facultad de minas.
- OKUDA, T.; BAES, A. U.; NISHIJIMA, W. & OKADA, M. (2001). Isolation and Characterization of Coagulant Extracted from Moringa oleifera Seed by Salt Solution.
- OPS/CEPIS, (1992), programa regional de mejoramiento de la calidad del agua para consumo humano.
- PÉREZ, J., (2001), evaluación de procesos de coagulación.
- PÉREZ PARRA, J., (1986), manual de potabilización del agua.
- PERÚ MINISTERIO DE SALUD - DIRECCIÓN GENERAL DE SALUD AMBIENTAL. (2011), Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, DS N° 031-2010-S.A. Lima.
- RODRÍGUEZ, Carlos (1995), Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de agua Santa fe Bogotá, Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- ROMERO ROJAS J. A., (1999). Potabilización del agua, México, Alfa Omega Grupo Editor S.A.
- ROMERO ROJAS, J., (2000), Purificación Del Agua. 2 da. ed. Bogotá D.C.: Escuela colombiana de ingeniería.
- ROMERO ROJAS, J., (2002), Calidad del Agua. Primera Edición.
- SÁNCHEZ C., REYES M. (1996), Metodología y diseño de investigación en la investigación científica, segunda edición, editorial Mantaro, Lima.
- SANDERS, W. (1967). Settlement Patterns. En: Handbook of Middle American Indians. Vol. 6. Social Anthropology. University of Texas, Austin, Texas.
- SENA, (2010), operación de sistemas de potabilización de agua.

ANEXO

ANEXO N° 01

REGISTRO DE FOTOGRAFÍAS.

1.1. RECOJO DE MUESTRAS DEL RÍO MONTERREY.

1.1.1. PROCEDIMIENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA DE AGUA DEL RÍO MONTERREY. PRIMER MUESTREO: RM - 01.



RM – 01: Río Monterrey

- Fecha de Muestreo:
07/04/2017.
- Hora de Muestreo: 14.45
- Cantidad: 180 l.

Fotografía N° 12: Primera recolección de la muestra de agua del río Monterrey.

1.1.2. PROCEDIMIENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA DEL AGUA DEL RIO MONTERREY. SEGUNDO MUESTREO: RM - 02.



RM – 02: Río Monterrey.

- Fecha de Muestreo:
07/05/2017.
- Hora de Muestreo: 15.30
- Cantidad: 180 l.

Fotografía N° 13: Segunda recolección de la muestra de agua del río Monterrey.

1.1.3. PROCEDIMIENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA DEL AGUA DEL RÍO MONTERREY. TERCER MUESTREO: RM - 03.



RM – 03: Rio Monterrey.

- Fecha de Muestreo:
22/05/2017.
- Hora de Muestreo:
7.10

Fotografía N° 14: Tercera recolección de la muestra de agua del río Monterrey.

1.1.4. PROCEDIMIENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA DEL AGUA DEL RÍO MONTERREY. CUARTO MUESTREO: RM - 04.



RM – 04: Rio Monterrey.

- Fecha de Muestreo:
04/06/2017.
- Hora de Muestreo: 16.30
- Cantidad: 180 l.

Fotografía N° 15: Cuarta recolección de la muestra de agua del río Monterrey.

1.2. OBTENCIÓN DE LA HARINA DE HABA (*VICIA FABA*).

1.2.1. PELADO DE LAS CASCARAS DE LA SEMILLA DE HABA.



Proceso de pelado de la semilla de haba.

Fotografía N° 16: Semilla de haba sin cascara.

1.2.2. MOLIDO DE LA SEMILLA DEL HABA PELADO.



Proceso de trituración o molido de la semilla de haba, mediante el uso de un molino tradicional.

Fotografía N° 17: Proceso de molido de la semilla del haba pelado.

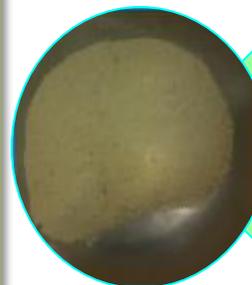
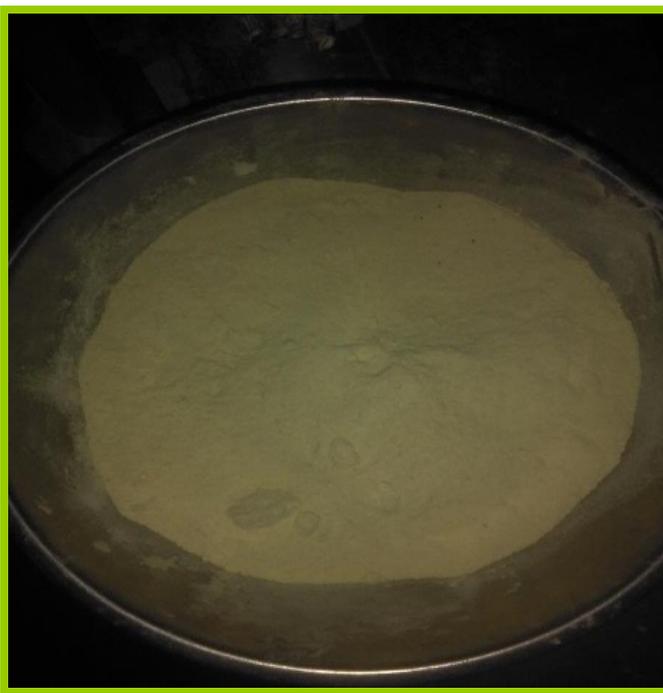
1.2.3. OBTENCIÓN DE LA HARINA HABA.



Proceso de obtencion de la arina de aba.

Fotografía N° 18: Obtención de la harina haba.

1.2.4. CERNIDO DE LA HARINA DE HABA - UNIFORMIDAD DE LA GRANULOMETRÍA.



Proceso de cernido de la harina de haba, para la obtencion de una granulometria uniforme.

Fotografía N° 19: Obtención de Harina de haba con granulometría uniforme.

1.3. EQUIPOS UTILIZADOS.

1.3.1. PRUEBA DE JARRAS.



Fotografía N° 20: Equipo de prueba de jarras que se utilizó.

1.3.2. TURBIDÍMETRO.



Fotografía N° 21: Equipo de medición de turbiedad – Turbidímetro.

1.3.3. pH METRO.



Fotografía N° 22: Equipo de medición del pH. – Ph metro

1.3.4. BALANZA ANALÍTICA.



Fotografía N° 23: Balanza analítica.

ABACO PARA LA SELECCIÓN DE GRADIENTE DE VELOCIDAD PARA JARRAS CUADRADAS.

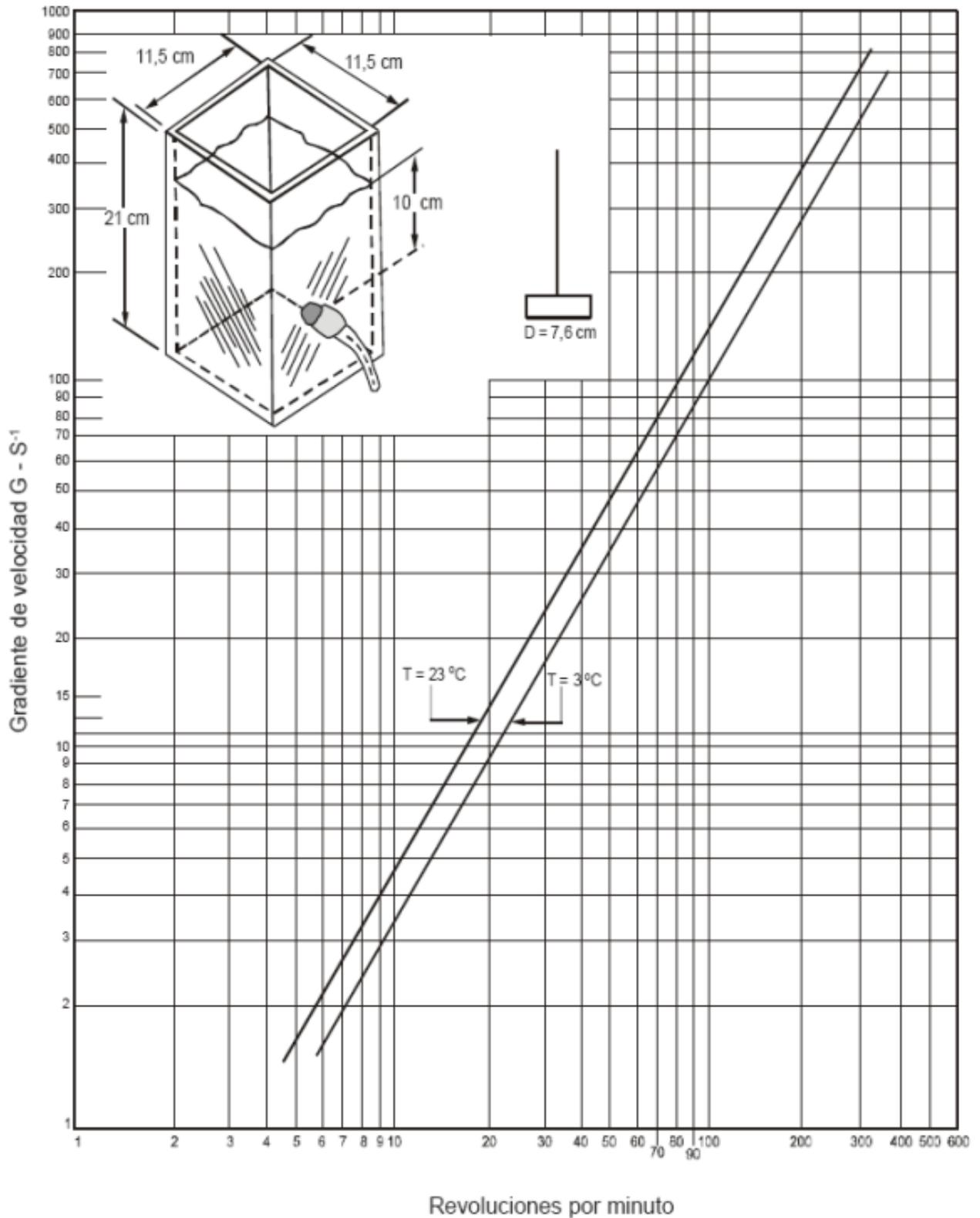


Figura N° 5: Ábaco que relaciona el gradiente de velocidad con las revoluciones por minuto de un equipo de prueba de jarras con recipientes de 2 litros. Jarra de sección cuadrada. Desarrollado por la Universidad de Michigan.

1.4. PROCEDIMIENTOS PARA LA PRUEBA DE JARRAS.

1.4.1. DETERMINACIÓN DE DOSIS, CONCENTRACIÓN ÓPTIMA.

- LLENADO DE LAS 6 JARRAS DE 2000 ml, CON LA MUESTRA DE AGUA CRUDA DEL RÍO MONTERREY.



Fotografía N° 24: Llenado de los vasos de 2000 ml con muestra de agua cruda.

- PESADO DE LA HARINA DE HABA (*VICIA FABA*).



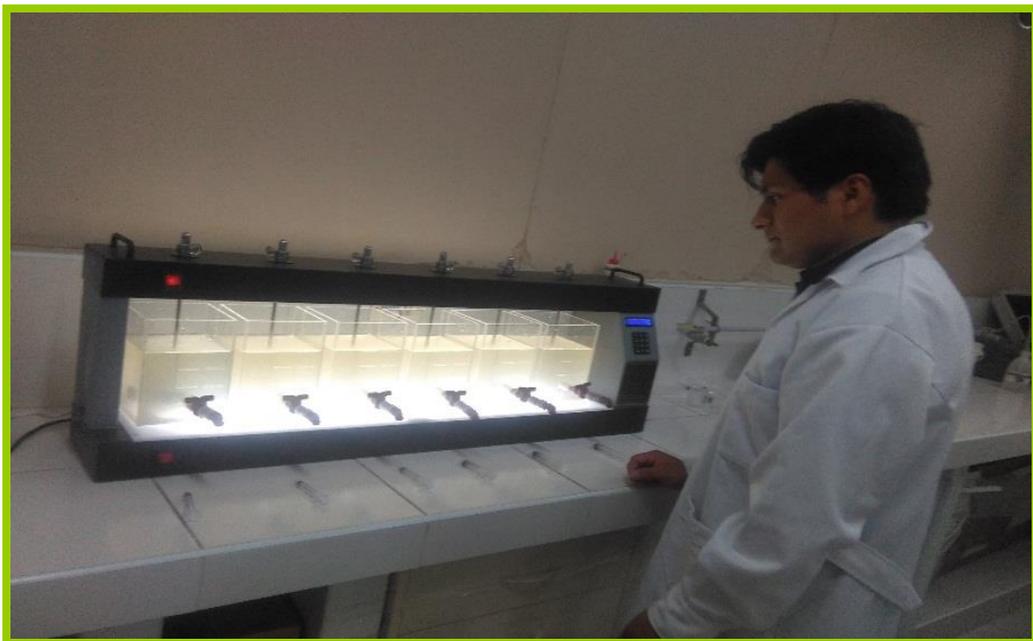
Fotografía N° 25: Pesado de harina de haba (*Vicia faba*).

- **PREPARADO DE LA SOLUCIÓN Y MEDICIÓN DE LOS VOLÚMENES DE SOLUCIÓN.**



Fotografía N° 26: Preparado de la solución de harina de Haba (*Vicia faba*).

- **PROCESOS DE COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN.**



Fotografía N° 27: Proceso de coagulación y floculación.

➤ **PROCESO DE SEDIMENTACIÓN.**



Fotografía N° 28: Proceso de sedimentación.

➤ **TOMA Y MEDICIÓN DE MUESTRAS, PARA SELECCIONAR LA DOSIS Y CONCENTRACIÓN ÓPTIMA.**



Fotografía N° 29: Selección de Dosis y Concentración óptima.

1.4.2. DETERMINACIÓN DEL PH ÓPTIMO.

- **LLENADO DE MUESTRAS A LAS 06 JARRAS DE 2000 ML, CON LAS MUESTRAS ANTES PREPARADAS DE AGUA CRUDA MÁS PH VARIABLE (6.50, 7.00, 7.50, 8.00, 8.50, 9.00).**



Fotografía N° 30: Llenado de vasos con muestra antes preparada a (pH: 6.5, 7.00, 7.5, 8.00, 8.5, 9.00).

- **TOMA Y MEDICIÓN DE MUESTRAS, PARA LA SELECCIÓN DEL pH ÓPTIMO.**



Fotografía N° 31: selección del pH óptimo del coagulante natural *Vicia faba*.

ANEXO N° 02.

**ANÁLISIS DE COSTO DEL TRATAMIENTO DE AGUA DEL RÍO
MONTERREY.**

**2.1 ANÁLISIS DE COSTO DE PRODUCCIÓN DE AGUA TRATADA:
TURBIEDAD INICIAL DE AGUA CRUDA 71.00 UNT.**

Cuadro N° 42: Análisis de costo de producción de agua tratada mediante el uso del coagulante natural *Vicia faba* (Dosis optima 40mg/l), para una turbiedad de 71.00 UNT.

Dosis (Kg/m3)	Costo unitario por kilogramos de harina de haba (S/.)	Cantidad de agua tratada (m3)	Cantidad de Vicia faba (Kg/día)	Costo total por día (S/.)
0.00004	1.80	0.001	3.46	6.22
0.00008	1.80	0.002	6.91	12.44
0.00012	1.80	0.003	10.37	18.66
0.00016	1.80	0.004	13.82	24.88
0.00020	1.80	0.005	17.28	31.10
0.00024	1.80	0.006	20.74	37.32
0.00028	1.80	0.007	24.19	43.55
0.00032	1.80	0.008	27.65	49.77
0.00036	1.80	0.009	31.10	55.99
0.00040	1.80	0.010	34.56	62.21

Fuente: Elaboración propia.

**2.2. ANÁLISIS DE COSTO DE PRODUCCIÓN DE AGUA TRATADA:
TURBIEDAD INICIAL DE AGUA CRUDA 23.05 UNT.**

Cuadro N° 43: Análisis de costo de producción de agua tratado mediante el uso del coagulante natural *Vicia faba* (dosis optima 30mg/l), para una turbiedad de 23.05 UNT.

Dosis (Kg/m3)	Costo unitario por kilogramos de harina de haba (S/.)	Cantidad de agua tratada (m3)	Cantidad de Vicia faba (Kg/día)	Costo total por día (S/.)
0.00003	1.80	0.001	2.59	4.67
0.00006	1.80	0.002	5.18	9.33
0.00009	1.80	0.003	7.78	14.00
0.00012	1.80	0.004	10.37	18.66
0.00015	1.80	0.005	12.96	23.33
0.00018	1.80	0.006	15.55	27.99
0.00021	1.80	0.007	18.14	32.66
0.00024	1.80	0.008	20.74	37.32
0.00027	1.80	0.009	23.33	41.99
0.00030	1.80	0.010	25.92	46.66

Fuente: Elaboración propia.

2.3. ANÁLISIS DE COSTO DE PRODUCCIÓN DE AGUA TRATADA: TURBIEDAD INICIAL DE AGUA CRUDA 43.50 UNT.

Cuadro N° 44: Análisis de costo de producción de agua tratado mediante el uso del coagulante natural *Vicia faba* (dosis optima 35mg/l), para una turbiedad de 43.50 UNT.

Dosis (Kg/m ³)	Costo unitario por kilogramos de harina de haba (S/.)	cantidad de agua tratada (m ³)	cantidad de Vicia faba (Kg/día)	Costo total por día (S/.)
0.00004	1.80	0.001	3.02	5.44
0.00007	1.80	0.002	6.05	10.89
0.00011	1.80	0.003	9.07	16.33
0.00014	1.80	0.004	12.10	21.77
0.00018	1.80	0.005	15.12	27.22
0.00021	1.80	0.006	18.14	32.66
0.00025	1.80	0.007	21.17	38.10
0.00028	1.80	0.008	24.19	43.55
0.00032	1.80	0.009	27.22	48.99
0.00035	1.80	0.010	30.24	54.43

Fuente: Elaboración propia.

2.4. ANÁLISIS DE COSTO DE PRODUCCIÓN DE AGUA TRATADA: TURBIEDAD INICIAL DE AGUA CRUDA 85.07 UNT.

Cuadro N° 45: Análisis de costo de producción de agua tratado mediante el uso del coagulante natural *Vicia faba* (dosis optima 35mg/l), para una turbiedad de 85.07 UNT.

Dosis (Kg/m ³)	Costo unitario por kilogramos de harina de haba (S/.)	Cantidad de agua tratada (m ³)	cantidad de Vicia faba (Kg/día)	Costo total por día (S/.)
0.00004	1.80	0.001	3.02	5.44
0.00007	1.80	0.002	6.05	10.89
0.00011	1.80	0.003	9.07	16.33
0.00014	1.80	0.004	12.10	21.77
0.00018	1.80	0.005	15.12	27.22
0.00021	1.80	0.006	18.14	32.66
0.00025	1.80	0.007	21.17	38.10
0.00028	1.80	0.008	24.19	43.55
0.00032	1.80	0.009	27.22	48.99
0.00035	1.80	0.010	30.24	54.43

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

El cuadro muestra el costo de 0.001 m³ de agua tratada por día asciende S/. 5.44 nuevos soles. Así mismo se requiere 3.02 Kg del coagulante *Vicia faba* por día.

2.5. RESULTADO DEL ENSAYO DE JARRAS.

Cuadro N° 46: Resultados del Proceso de Tratamiento del Agua Cruda - Agua Decantada.

Agua cruda					Agua decantada							
Muestras del agua del río monterrey	Temperatura (°C)	Turbiedad inicial (UNT) Agua cruda	pH del agua cruda	Cantidad de agua (l) en relación a la capacidad de la jarra de la prueba de jarras.	Determinación					Parámetros de floculación		
					Dosis optima (mg/l)	Concentración óptima (%)	pH optimo propuesto (Und. pH)	pH real del agua decantada	Turbiedad final (UNT) agua decantada	Gradiente de velocidad		Tiempo (minutos)
										(S-1)	RPM	
RM 01	12.50	71.00	8.05	2.00	40	5.90	7.50	7.29	33.94	20	32.00	30
RM 02	13.00	23.05	7.53	2.00	30	3.50	7.50	7.50	9.57	20	32.00	30
RM 03	13.00	43.50	7.36	2.00	35	4.30	7.50	7.31	20.25	20	32.00	30
RM 04	14.00	85.07	7.93	2.00	35	4.70	7.50	7.37	34.91	20	32.00	30
Total	52.50	222.62	30.87	8.00	140.00	18.40	30.00	29.47	98.67	80.00	128.00	120.00
Promedio	13.13	55.66	7.72	2.00	35.00	4.60	7.50	7.37	24.67	20.00	32.00	30.00

Fuente: Elaboración propia.

Interpretacion:

El cuadro presenta el resultado de todas las muestras obtenidas. En tanto a la evaluación económica del uso del coagulante natural *Vicia faba*, no es factible su uso como coagulante primario en aguas con alta carga orgánica. Ya que presenta limitación en cuanto al costo de producción de agua tratada. Por tanto su uso como coagulante primario y como ayudante en el proceso de tratamiento de aguas superficiales se hace factible para aguas con baja carga orgánica y para poblaciones pequeñas.

ANEXO N° 03.

CARACTERÍSTICAS DE LAS MUESTRAS OBTENIDAS Y EFICIENCIA DE VICIA FABA

3.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS MUESTRAS DE AGUA OBTENIDA.

3.1.1. VALORES PROMEDIOS DE LA MUESTRA DE AGUA CRUDA.

Cuadro N° 47: Características del agua empleada en el estudio de investigación.

Parámetro	Promedio de Agua Cruda - RM
Alcalinidad total (mg/l CaCO ₃)	61.25
Color (TCU)	0.5
Conductividad (μS.cm ⁻¹)	103.08
Dureza total (mg/l CaCO ₃)	40.25
pH (Unid. pH)	7.72
Temperatura (°C)	13.13
Turbiedad (UNT)	55.66
Nitritos (mg/l NO ₂ ⁻)	0.311
Aluminio total (mg/l Al)	0.056
Cromo total (m/l Cr)	0.024
Hierro total (mg/l Fe)	0.367
Manganeso total (mg/l Mn)	0.031
Coliformes fecales o termotolerantes (UFC/ml)	5640

Fuente: Elaboración propia.

3.1.2. VALORES PROMEDIOS DE LA MUESTRA DE AGUA FILTRADA.

Cuadro N° 48: Características de las muestras del agua tratada.

Parámetro	Promedio de agua filtrada - RMC
Alcalinidad total (mg/l CaCO ₃)	62
Color (TCU)	0.5
Conductividad (μS.cm ⁻¹)	133.83
Dureza total (mg/l CaCO ₃)	52
pH (Unid. pH)	7.37
Temperatura (°C)	13.2
Turbiedad (UNT)	1.86
Nitritos (mg/l NO ₂ ⁻)	0.314
Aluminio total (mg/l Al)	0.050
Cromo total (mg/l Cr)	0.01
Hierro total (mg/l Fe)	0.356
Manganeso total (mg/l Mn)	0.053
Coliformes fecales o termotolerantes (UFC/ml)	5640

Fuente: Elaboración propia.

3.2. EFICIENCIA DE TRATAMIENTO DEL AGUA DEL RÍO MONTERREY MEDIANTE EL USO DEL COAGULANTE NATURAL *VICIA FABA* (RM – AD – RMC).

Cuadro N° 49: Análisis de *Vicia faba* en relación a la remoción de Turbiedad.

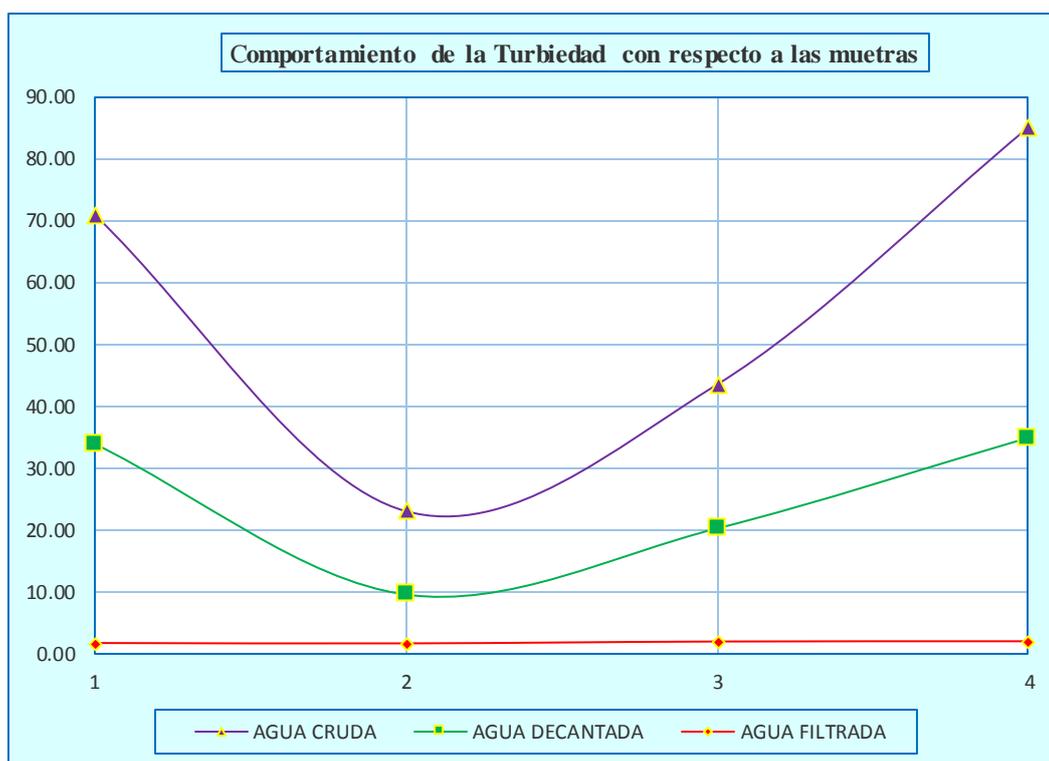
N° muestra	Parámetro	Análisis de los resultados en relación a la remoción de turbiedad		
		Agua cruda	Agua decantada	Agua filtrada
		RM	AD	RMC
M 1	Turbiedad (UNT)	71.00	33.94	1.74
M 2	Turbiedad (UNT)	23.05	9.57	1.68
M 3	Turbiedad (UNT)	43.50	20.25	1.98
M 4	Turbiedad (UNT)	85.07	34.91	2.02

Fuente: Elaboración propia.

RM: Agua cruda.

RMC: Agua tratada (agua del río Monterrey más coagulante *Vicia faba*).

AD: Agua decantada.



Grafica N° 41: Comportamiento de Turbiedad con respecto a las muestras (RM, AD, RMC).

Interpretación:

La grafica muestra el comportamiento de las curvas del agua cruda, agua decantada y agua filtrada, indicando que hay remoción de turbiedad en relación a las curva del agua cruda, ya que las curvas del agua decantada y agua filtrada se encuentran por debajo.

Cuadro N° 50: Eficiencia de *Vicia faba* en relación a la remoción de Turbiedad.

N° muestra	Parámetro	Proceso de agua cruda - agua decantada			Proceso de agua decantada - agua filtrada			Proceso de agua cruda - agua filtrada		
		Agua cruda	Agua decantada	%	Agua decantada	Agua filtrada	%	Agua cruda	Agua filtrada	%
		RM	AD	Eficiencia	AD	RMC	Eficiencia	RM	RMC	Eficiencia
MUESTRA 1	Turbiedad (UNT)	71.00	33.94	52.20%	33.94	1.74	94.87%	71.00	1.74	97.55%
MUESTRA 2	Turbiedad (UNT)	23.05	9.57	58.48%	9.57	1.68	82.45%	23.05	1.68	92.71%
MUESTRA 3	Turbiedad (UNT)	43.50	20.25	53.45%	20.25	1.98	90.22%	43.50	1.98	95.45%
MUESTRA 4	Turbiedad (UNT)	85.07	34.91	58.96%	34.91	2.02	94.21%	85.07	2.02	97.63%

Fuente: Elaboración propia.

RM: agua cruda.

RMC: agua tratada (agua del río Monterrey más coagulante *Vicia faba*).

AD: agua decantada.

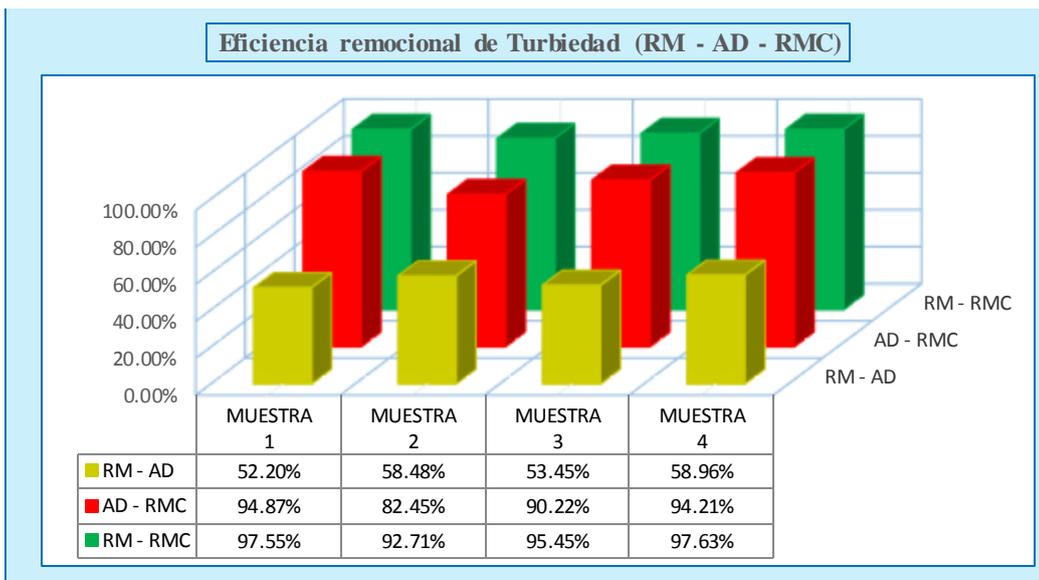
Interpretación:

El cuadro presenta la eficiencia del coagulante natural *Vicia faba* en relación a la remoción de turbiedad del agua cruda.

En cuanto a la relación de agua cruda y agua decantada presenta una eficiencia máxima (58.96%) y mínima (52.20%) del coagulante *Vicia faba* en relación remoción de la turbiedad (RM – AD). Por tanto el uso del coagulante *Vicia faba* se hace necesaria para aguas con baja carga orgánica.

En cuanto a la relación de agua decantada y agua filtrada se muestra una eficiencia máxima (94.87%) y mínima (82.45%) del coagulante *Vicia faba* en relación remoción de la turbiedad (AD – RMC).

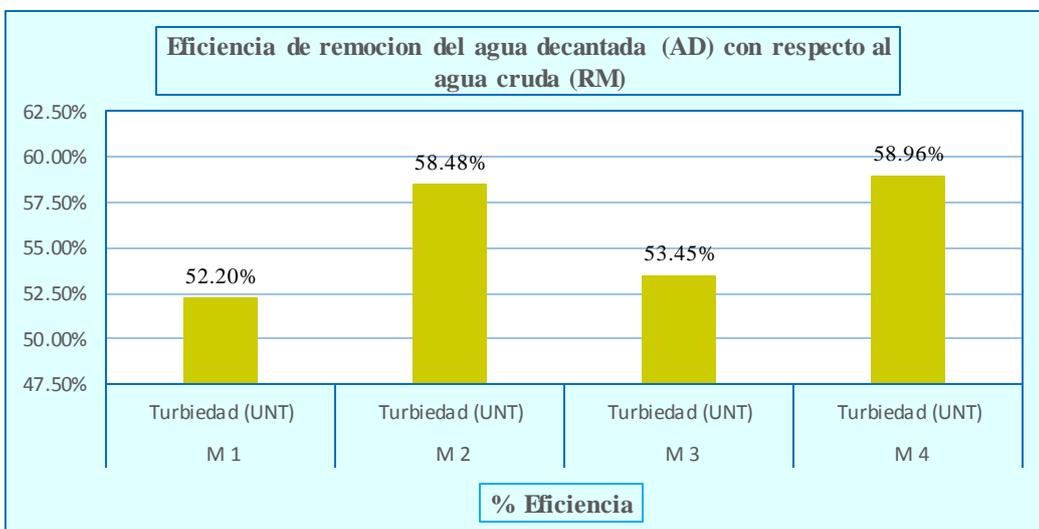
En cuanto a la relación de agua cruda y agua filtrada se muestra una eficiencia máxima (97.63%) y mínima (92.71%) del coagulante *Vicia faba* en relación remoción de la turbiedad (RM – RMC).



Grafica N° 42: Eficiencia de remoción de Turbiedad de las muestras (RM – AD – RMC).

Interpretacion:

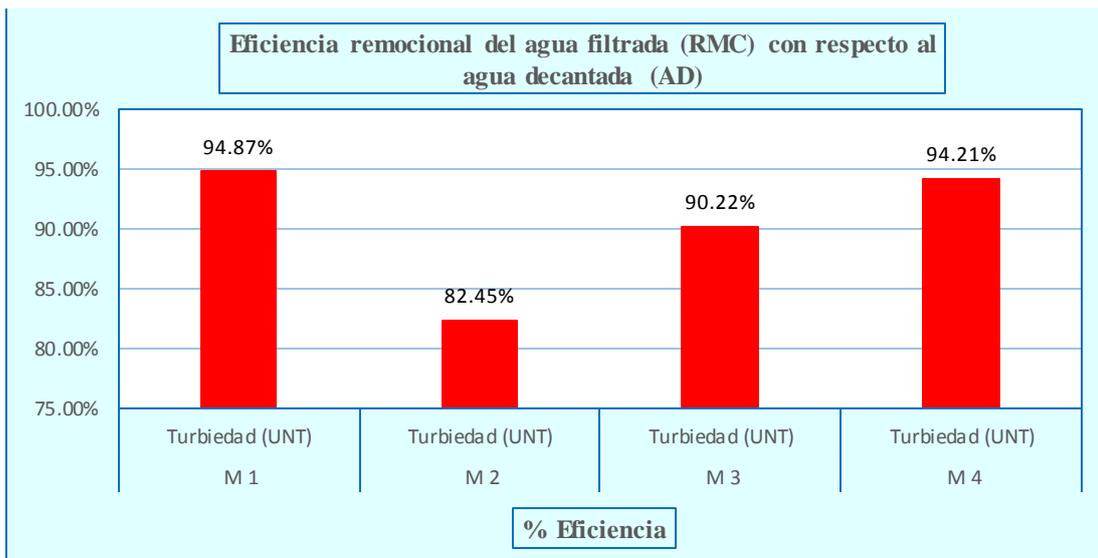
El diagrama de barras muestra la relación de las muestras obtenidas (RM-AD- RMC) en relación a la eficiencia de la *Vicia faba* con respecto a la remoción de turbiedad.



Grafica N° 43: Eficiencia de remoción de turbiedad en relación a las muestras (RM –AD).

Interpretacion:

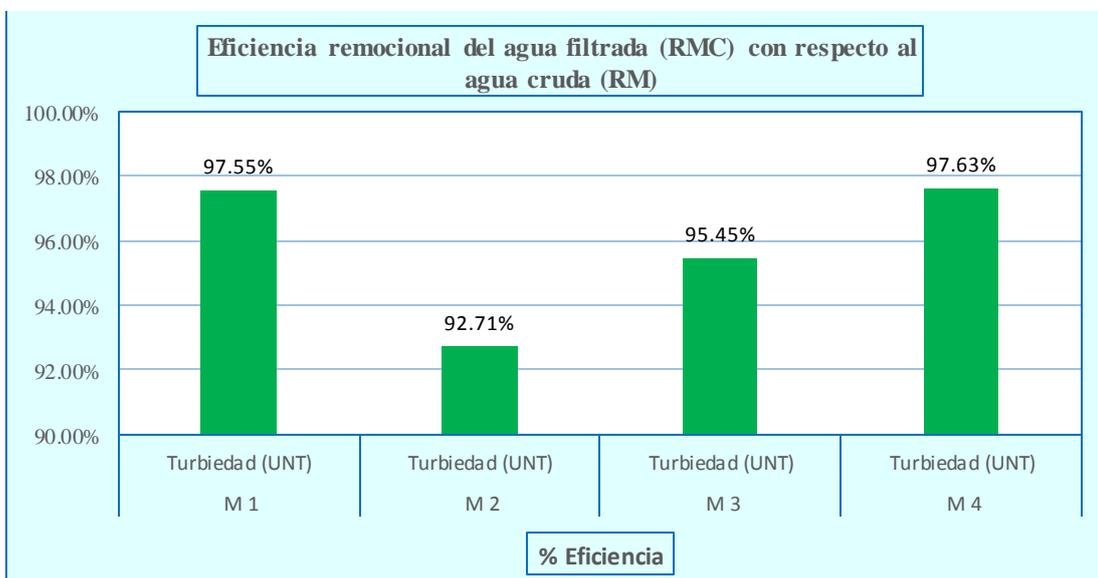
La gráfica presenta la eficiencia remocional de la turbiedad del agua decantada con respecto al agua cruda en relación a la dosificación del coagulante natural *Vicia faba*. Donde se observa que las 4 muestras obtenidas superan el 50.00% de remoción de turbiedad.



Grafica N° 44: Eficiencia de remoción de turbiedad en relación a las muestras (AD–RMC).

Interpretacion:

La gráfica presenta la eficiencia remocional de la turbiedad del agua filtrada con respecto al agua decantada. Donde se observa que la muestra (M1, M2 y M3) presentan mayor remoción de turbiedad a diferencia de la muestra M2.



Grafica N° 45: Eficiencia de remoción de la turbiedad en relación a las muestras (RM–RMC).

Interpretacion:

La gráfica presenta la eficiencia remocional de la turbiedad del agua filtrada con respecto al agua cruda. Donde se observa que las 4 muestras superan el 90.00% de remoción de turbiedad.

ANEXO N° 04.

RESULTADOS DE MUESTRAS RM Y RMC - LABORATORIO DE FCAM

4.1. RESULTADOS: PRIMERA MUESTRA DE AGUA CRUDA (RM – 01).



INFORME DE ENSAYO AG170373

CLIENTE Razón Social : HENRY WILFREDO HUAROMA ROMERO
 Dirección : Jr. Augusto B. Leguía S/N - Nicupampa
 Atención : Henry Wilfredo Huaroma Romero
MUESTRA Producto declarado : Agua de Río
 Matriz : Aguas Naturales - Agua Superficial
 Procedencia : Río Monterrey - Independencia
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170245
MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica
LABORATORIO Fecha de recepción : 08/Abril/2017
 Fecha de análisis : 08 de Abril al 15 de Abril/2017
 Colización N° : CO170137

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	RM - 01
					Fecha de muestreo ¹	07/04/2017
					Hora de muestreo ¹	14:45
					Código del Laboratorio	AG170479
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS						
FQ	Alcalinidad total	mg/l CaCO ₃	APHA 2320 B (*)	1		65
FQ07	Cianuro Total	mg/l CN ⁻	Acido barbitúrico-piridincarbonílico (*)	0.002		< 0.002
FQ10	Cloruros	mg/l Cl ⁻	APHA 4500-Cl ⁻ B (*)	1		2
FQ11	Color	TCU	E. Merck 015 (*)	0.5		< 0.5
FQ12	Conductividad (en laboratorio)	µS.cm ⁻¹	APHA 2510 B -Versión 2012 (*)	.....		95.4
FQ17	Dureza total	mg/l CaCO ₃	APHA 2340 C (*)	1		35
FQ23	pH (en laboratorio)	Unid. pH	APHA 4500-H ⁺ B -Versión 2012 (*)	.....		8.05
FQ28	Sólidos totales disueltos	mg/l	APHA 2540 C (*)	1		78
FQ33	Sulfatos	mg/l SO ₄ ⁻²	Bario sulfato, turbidimétrico (*)	25		< 25
FQ35	Temperatura (en laboratorio)	°C	APHA 2550 B (*)	.....		12.50
FQ36	Turbiedad (en laboratorio)	UNT	APHA 2130 B (*)	0.01		71.00
ANÁLISIS DE NUTRIENTES						
NU04	Nitratos	mg/l NO ₃ ⁻	Nitrospectral (*)	1.0		< 1.0
NU05	Nitrógenos	mg/l NO ₂ ⁻	Reacción Griess (*)	0.007		0.380
METALES TOTALES						
MT01	Aluminio total	mg/l Al	Cromazurol S (*)	0.020		0.052
MT03	Arsénico total	mg/l As	DIN - 38 405 (*)	0.010		< 0.010
MT07	Boro total	mg/l B	Rosocianina (*)	0.050		< 0.050
MT08	Cadmio total	mg/l Cd	Derivado de cadion (*)	0.002		< 0.002
MT11	Cobre total	mg/l Cu	Cuprizona (*)	0.02		< 0.02
MT12	Cromo total	mg/l Cr	Difenilcarbazida (*)	0.010		0.065
MT16	Hierro total	mg/l Fe	Triazina (*)	0.005		0.366
MT19	Manganeso total	mg/l Mn	Formaldóxina (*)	0.010		< 0.010
MT20	Mercurio total	mg/l Hg	Cétone de Michler (*)	0.025		< 0.025
MT21	Molibdeno total	mg/l	Rouge de bromopyrogallol (*)	0.02		< 0.02
MT22	Níquel total	mg/l Ni	Dimetilgioxina (*)	0.02		< 0.02
MT24	Piomo total	mg/l Pb	PAR (*)	0.010		< 0.010
MT32	Zinc total	mg/l Zn	CLPAN (*)	0.05		< 0.05
INDICADORES DE CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACIÓN DE PATOGENOS						
CM	Bacterias heterotróficas	UFC/ml	APHA 9215 B (*)	< 1		15010
CM04	Coliformes totales	UFC/ml	APHA 9222 B (*)	< 1		14400
CM06	Coliformes fecales o termotolerantes	UFC/ml	APHA 9222 D (*)	< 1		6600
CM10	Escherichia coli	UFC/ml	APHA 9225 A (*)	< 1		4600
ANÁLISIS PARASITOLÓGICO						
AP	Huevos de Helminetos	Huevos/l	APHA 9810B ; EPA 1623 (*)	Ausencia		Ausencia
AP16	Larvas de Helminetos	Larvas/l	APHA 9810B ; EPA 1623 (*)	Ausencia		Ausencia

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Legenda: APHA: Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edición/2012



Quím. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 004

Huaraz, 15 de Abril de 2017

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental. Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dicientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

4.2. RESULTADOS: PRIMERA MUESTRA DE AGUA TRATADA (RMC – 01).



INFORME DE ENSAYO AG170413

CLIENTE Razón Social : HENRY WILFREDO HUAROMA ROMERO
 Dirección : Jr. Augusto B. Leguía S/N - Nicupampa
 Atención : Henry Wilfredo Huaroma Romero

MUESTRA Producto declarado : Agua de Río más Cuagulante Natural (Viola Faba)
 Matriz : Aguas Naturales - Agua Superficial
 Procedencia : Río Monterrey - Independencia
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170276

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 09/Abril/2017
 Fecha de análisis : 09 de Abril al 16 de Abril/2017
 Cotización N° : CO170137

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	RMC - 01
					Fecha de muestreo ¹	12/04/2017
					Hora de muestreo ¹	15:00
					Código del Laboratorio	AG170535
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS						
FQ						
FQ03	Alcalinidad total	mg/l CaCO ₃	APHA 2320 B (*)	1		64
FQ11	Color	TCU	E. Merck 015 (*)	0.5		< 0.5
FQ12	Conductividad ² (en laboratorio)	µS.cm ⁻¹	APHA 2510 B - Versión 2012 (*)	.....		185.6
FQ17	Dureza total	mg/l CaCO ₃	APHA 2340 C (*)	1		69
FQ23	pH (en laboratorio)	Unid. pH	APHA 4500-H* B - Versión 2012 (*)	.....		7.29
FQ35	Temperatura (en laboratorio)	°C	APHA 2550 B (*)	.....		13.1
FQ36	Turbiedad (en laboratorio)	UNT	APHA 2130 B (*)	0.01		1.74
ANÁLISIS DE NUTRIENTES						
NU						
NU05	Nitritos	mg/l NO ₂ ⁻	Reacción Griess (*)	0.007		0.358
METALES TOTALES						
MT						
MT01	Aluminio total	mg/l Al	Cromoazurol S (*)	0.020		0.042
MT12	Cromo total	mg/l Cr	Difenilcarbazida (*)	0.010		< 0.010
MT16	Hierro total	mg/l Fe	Triazina (*)	0.005		0.299
MT19	Manganeso total	mg/l Mn	Formaldoxina (*)	0.010		0.062
INDICADORES DE CONTAMINACION MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACION DE PATOGENOS						
CM						
CM06	Coliformes fecales o termotolerantes	UFC/ml	APHA 9222 D (*)	< 1		6600

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012



Quím. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Huaraz, 16 de Abril de 2017

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental. Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirigidas se conservarán de acuerdo a su tiempo de percibibilidad.

4.3. RESULTADOS: SEGUNDA MUESTRA DE AGUA CRUDA (RM - 02).



INFORME DE ENSAYO AG170496

CLIENTE Razón Social : HENRY WILFREDO HUAROMA ROMERO
 Dirección : Jr. Augusto B. Leguía S/N - Nicupampa
 Atención : Henry Wilfredo Huaroma Romero

MUESTRA Producto declarado : Agua de Río
 Matriz : Aguas Naturales - Agua Superficial
 Procedencia : Río Monterrey - Independencia
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170326

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 08/Mayo/2017
 Fecha de análisis : 08 de Mayo al 15 de Mayo/2017
 Cotización N° : CO170137

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	RM - 02
					Fecha de muestreo ¹	07/04/2017
					Hora de muestreo ¹	15:30
					Código del Laboratorio	AG170624
FQ ANALISIS FISICOQUIMICOS						
FQ03	Alcalinidad total	mg/l CaCO ₃	APHA 2320 B (*)	1		55
FQ11	Color	TCU	E. Merck 015 (*)	0.5		< 0.5
FQ12	Conductividad ² (en laboratorio)	µS.cm ⁻¹	APHA 2510 B -Versión 2012 (*)	.....		95.8
FQ17	Dureza total	mg/l CaCO ₃	APHA 2340 C (*)	1		36
FQ23	pH (en laboratorio)	Unid. pH	APHA 4500-H ⁺ B -Versión 2012 (*)	.....		7.53
FQ35	Temperatura (en laboratorio)	°C	APHA 2550 B (*)	.....		13
FQ36	Turbiedad (en laboratorio)	UNT	APHA 2130 B (*)	0.01		23.05
NU ANALISIS DE NUTRIENTES						
NU05	Nitritos	mg/l NO ₂ ⁻	Reacción Griess (*)	0.007		0.310
MT METALES TOTALES						
MT01	Aluminio total	mg/l Al	Cromoazurol S (*)	0.020		0.050
MT12	Cromo total	mg/l Cr	Difenilcarbazida (*)	0.010		0.011
MT16	Hierro total	mg/l Fe	Triazina (*)	0.005		0.305
MT19	Manganeso total	mg/l Mn	Formaldoxina (*)	0.010		0.053
CM INDICADORES DE CONTAMINACION MICROBIOLOGICA E IDENTIFICACION DE PATOGENOS						
CM06	Coliformes fecales o termotolerantes	UFC/ml	APHA 9222 D (*)	< 1		6600

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Legenda: APHA: Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012



Quilo, Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Huaraz, 15 de Mayo de 2017

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.

Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirmientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

4.4. RESULTADOS: SEGUNDA MUESTRA DE AGUA TRATADA (RMC - 02).



INFORME DE ENSAYO AG170506

CLIENTE Razón Social : HENRY WILFREDO HUAROMA ROMERO
 Dirección : Jr. Augusto B. Leguía S/N - Nicupampa
 Atención : Henry Wilfredo Huaroma Romero

MUESTRA Producto declarado : Agua de Río más Cuagulante Natural (Vicia Faba)
 Matriz : Aguas Naturales - Agua Superficial
 Procedencia : Río Monterrey - Independencia
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170331

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia: : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 09/Mayo/2017
 Fecha de análisis : 09 de Mayo al 16 de Mayo/2017
 Cotización N° : CO170137

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	RMC - 02
					Fecha de muestreo ¹	09/05/2017
					Hora de muestreo ¹	12:00
					Código del Laboratorio	AG170634
FQ ANALISIS FISICOQUIMICOS						
FQ03	Alcalinidad total	mg/l CaCO ₃	APHA 2320 B (*)	1		56
FQ11	Color	TCU	E. Merck 015 (*)	0.5		< 0.5
FQ12	Conductividad ² (en laboratorio)	µS.cm ⁻¹	APHA 2510 B -Versión 2012 (*)	.....		120.0
FQ17	Dureza total	mg/l CaCO ₃	APHA 2340 C (*)	1		45
FQ23	pH (en laboratorio)	Unid. pH	APHA 4500-H* B -Versión 2012 (*)	.....		7.5
FQ35	Temperatura (en laboratorio)	°C	APHA 2550 B (*)	.....		12.3
FQ36	Turbiedad (en laboratorio)	UNT	APHA 2130 B (*)	0.01		1.68
NU ANALISIS DE NUTRIENTES						
NU05	Nitrógeno	mg/l NO ₂	Reacción Griess (*)	0.007		0.290
MT METALES TOTALES						
MT01	Aluminio total	mg/l Al	Cromoazurol S (*)	0.020		0.061
MT12	Cromo total	mg/l Cr	Difenilcarbazida (*)	0.010		< 0.010
MT16	Hierro total	mg/l Fe	Triazina (*)	0.005		0.309
MT19	Manganeso total	mg/l Mn	Formaldoxina (*)	0.010		0.065
CM INDICADORES DE CONTAMINACION MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACION DE PATOGENOS						
CM06	Coliformes fecales o termotolerantes	UFC/ml	APHA 9222 D (*)	< 1		6600

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012



Quím. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Huaraz, 16 de Mayo de 2017

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental. Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dicientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

4.5. RESULTADOS: TERCERA MUESTRA DE AGUA CRUDA (RM – 03).



INFORME DE ENSAYO AG170553

CLIENTE Razón Social : HENRY WILFREDO HUAROMA ROMERO
 Dirección : Jr. Augusto B. Leguía S/N - Nicupampa
 Atención : Henry Wilfredo Huaroma Romero
MUESTRA Producto declarado : Agua de Río
 Matriz : Aguas Naturales - Agua Superficial
 Procedencia : Río Monterrey - Independencia
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170350
MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica
LABORATORIO Fecha de recepción : 22/Mayo/2017
 Fecha de análisis : 22 de Mayo al 29 de Mayo/2017
 Cotización N° : CO170137

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	RM - 03
					Fecha de muestreo ¹	22/05/2017
					Hora de muestreo ¹	07:10
					Código del Laboratorio	AG170683
FQ ANALISIS FISICOQUIMICOS						
FQ03	Alcalinidad total	mg/l CaCO ₃	APHA 2320 B (*)	1		57
FQ11	Color	TCU	E. Marc 015 (*)	0,5		< 0,5
FQ12	Conductividad ² (en laboratorio)	µS.cm ⁻¹	APHA 2510 B -Versión 2012 (*)	.....		101,6
FQ17	Dureza total	mg/l CaCO ₃	APHA 2340 C (*)	1		41
FQ23	pH (en laboratorio)	Unid. pH	APHA 4500-H ⁺ B -Versión 2012 (*)	.....		7,36
FQ35	Temperatura (en laboratorio)	°C	APHA 2550 B (*)	.....		13
FQ36	Turbiedad (en laboratorio)	UNT	APHA 2130 B (*)	0,01		43,50
NU ANALISIS DE NUTRIENTES						
NU05	Nitratos	mg/l NO ₃	Reacción Griess (*)	0,007		0,264
MT METALES TOTALES						
MT01	Aluminio total	mg/l Al	Cromazurol S (*)	0,020		0,069
MT12	Cromo total	mg/l Cr	Difenilcarbazida (*)	0,010		< 0,010
MT16	Hierro total	mg/l Fe	Triazina (*)	0,005		0,299
MT19	Manganeso total	mg/l Mn	Formaldoxina (*)	0,010		0,023
CM INDICADORES DE CONTAMINACION MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACION DE PATOGENOS						
CM06	Coliformes fecales o termotolerantes	UFC/ml	APHA 9222 D (*)	< 1		2760

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012



Quim. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Huaraz, 29 de Mayo de 2017

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental. Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

4.6. RESULTADOS: TERCERA MUESTRA DE AGUA TRATADA (RMC - 03).



INFORME DE ENSAYO AG170555

CLIENTE	Razón Social	: HENRY WILFREDO HUAROMA ROMERO
	Dirección	: Jr. Augusto B. Leguía S/N - Nicupampa
	Atención	: Henry Wilfredo Huaroma Romero
MUESTRA	Producto declarado	: Agua de Río más Cuagulante Natural (Vicia Faba)
	Matriz	: Aguas Naturales - Agua Superficial
	Procedencia	: Río Monterrey - Independencia
	Ref./Condición	: Cadena de Custodia CC170352
MUESTREO	Responsable	: Muestra proporcionada por el cliente
	Referencia:	: No indica
LABORATORIO	Fecha de recepción	: 23/Mayo/2017
	Fecha de análisis	: 23 de Mayo al 30 de Mayo/2017
	Cotización N°	: CO170137

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	RMC - 03
					Fecha de muestreo ¹	23/05/2017
					Hora de muestreo ¹	14:45
					Código del Laboratorio	AG170685
FQ	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS					
FQ03	Alcalinidad total	mg/l CaCO ₃	APHA 2320 B (*)	1		58
FQ11	Color	TCU	E. Merck 015 (*)	0.5		< 0.5
FQ12	Conductividad ² (en laboratorio)	µS.cm ⁻¹	APHA 2510 B -Versión 2012 (*)	.....		106.7
FQ17	Dureza total	mg/l CaCO ₃	APHA 2340 C (*)	1		43
FQ23	pH (en laboratorio)	Unid. pH	APHA 4500-H ⁺ B.-Versión 2012 (*)	.....		7.31
FQ35	Temperatura (en laboratorio)	°C	APHA 2550 B (*)	.....		13.90
FQ36	Turbiedad (en laboratorio)	UNT	APHA 2130 B (*)	0.01		1.98
NU	ANÁLISIS DE NUTRIENTES					
NU05	Nitritos	mg/l NO ₂ ⁻	Reacción Griess (*)	0.007		0.370
MT	METALES TOTALES					
MT01	Aluminio total	mg/l Al	Cromoazurol S (*)	0.020		0.077
MT12	Cromo total	mg/l Cr	Difenilcarbazida (*)	0.010		< 0.010
MT16	Hierro total	mg/l Fe	Triazina (*)	0.005		0.379
MT19	Manganeso total	mg/l Mn	Formaldoxina (*)	0.010		0.048
CM	INDICADORES DE CONTAMINACION MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACION DE PATOGENOS					
CM06	Coliformes fecales o termotolerantes	UFC/ml	APHA 9222 D (*)	< 1		2760

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012



Quim. Mario Leyva Collas
Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
FCAM - UNASAM
CQP N° 604

Huaraz, 30 de Mayo de 2017

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental. Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dicientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

4.7. RESULTADOS: CUARTA MUESTRA DE AGUA CRUDA (RM - 04).

**INFORME DE ENSAYO AG170582**

CLIENTE Razón Social : HENRY WILFREDO HUAROMA ROMERO
 Dirección : Jr. Augusto B. Leguía S/N - Nicupampa
 Atención : Henry Wilfredo Huaroma Romero

MUESTRA Producto declarado : Agua de Río
 Matriz : Aguas Naturales - Agua Superficial
 Procedencia : Río Monterrey - Independencia
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170363

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 05/Junio/2017
 Fecha de análisis : 05 de Junio al 12 de Junio/2017
 Cotización N° : CO170137

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	RM - 04
					Fecha de muestreo	04/06/2017
					Hora de muestreo	16:30
					Código del Laboratorio	AG170713
FQ ANALISIS FISICOQUIMICOS						
FQ03	Alcalinidad total	mg/l CaCO ₃	APHA 2320 B (*)	1		68
FQ11	Color	TCU	E. Merck 015 (*)	0.5		< 0.5
FQ12	Conductividad ² (en laboratorio)	µS.cm ⁻¹	APHA 2510 B -Versión 2012 (*)	.....		119.5
FQ17	Dureza total	mg/l CaCO ₃	APHA 2340 C (*)	1		49
FQ23	pH (en laboratorio)	Unid. pH	APHA 4500-H ⁺ B.-Versión 2012 (*)	.....		7.93
FQ35	Temperatura (en laboratorio)	°C	APHA 2550 B (*)	.....		14
FQ36	Turbiedad (en laboratorio)	UNT	APHA 2130 B (*)	0.01		85.07
NU ANALISIS DE NUTRIENTES						
NU05	Nitratos	mg/l NO ₃ ⁻	Reacción Griess (*)	0.007		0.291
MT METALES TOTALES						
MT01	Aluminio total	mg/l Al	Cromoazurol S (*)	0.020		0.053
MT12	Cromo total	mg/l Cr	Difenilcarbazida (*)	0.010		< 0.010
MT16	Hierro total	mg/l Fe	Triazina (*)	0.005		0.498
MT19	Manganeso total	mg/l Mn	Formaldoxina (*)	0.010		0.037
CM INDICADORES DE CONTAMINACION MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACION DE PATOGENOS						
CM06	Coliformes fecales o termotolerantes	UFC/ml	APHA 9222 D (*)	< 1		6600

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012



Quím. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Huaraz, 12 de Junio de 2017

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
 Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirmentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

4.8. RESULTADOS: CUARTA MUESTRA DE AGUA TRATADA (RMC – 04).



INFORME DE ENSAYO AG170586

CLIENTE Razón Social : HENRY WILFREDO HUAROMA ROMERO
 Dirección : Jr. Augusto B. Leguía S/N - Nicupampa
 Atención : Henry Wilfredo Huaroma Romero

MUESTRA Producto declarado : Agua de Río más Cuagulante Natural (Vicia Faba)
 Matriz : Aguas Naturales - Agua Superficial
 Procedencia : Río Monterrey - Independencia
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170365

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 06/Junio/2017
 Fecha de análisis : 06 de Junio al 13 de Junio/2017
 Cotización N° : CO170137

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	RMC - 04
					Fecha de muestreo ¹	06/06/2017
					Hora de muestreo ¹	13:07
					Código del Laboratorio	AG170717
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS						
FQ03	Alcalinidad total	mg/l CaCO ₃	APHA 2320 B (*)	1		68
FQ11	Color	TCU	E. Merck 015 (*)	0.5		< 0.5
FQ12	Conductividad ² (en laboratorio)	µS.cm ⁻¹	APHA 2510 B -Versión 2012 (*)	.....		123
FQ17	Dureza total	mg/l CaCO ₃	APHA 2340 C (*)	1		51
FQ23	pH (en laboratorio)	Unid. pH	APHA 4500-H ⁺ B -Versión 2012 (*)	.....		7.37
FQ35	Temperatura (en laboratorio)	°C	APHA 2550 B (*)	.....		13.50
FQ36	Turbiedad (en laboratorio)	UNT	APHA 2130 B (*)	0.01		2.02
ANÁLISIS DE NUTRIENTES						
NU05	Nitritos	mg/l NO ₂ ⁻	Reacción Griess (*)	0.007		0.239
METALES TOTALES						
MT01	Aluminio total	mg/l Al	Cromoazurol S (*)	0.020		0.021
MT12	Cromo total	mg/l Cr	Difenilcarbazida (*)	0.010		< 0.010
MT16	Hierro total	mg/l Fe	Triazina (*)	0.005		0.437
MT19	Manganeso total	mg/l Mn	Formaldoxina (*)	0.010		0.036
INDICADORES DE CONTAMINACION MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACION DE PATOGENOS						
CM06	Coliformes fecales o termotolerantes	UFC/ml	APHA 9222 D (*)	< 1		6600

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Legenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012



Quím. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Huaraz, 13 de Junio de 2017

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental. Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirmentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.