

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO



Facultad de Ingeniería

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Prevención de Riesgos

**DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE FLOCULACIÓN EN LA MEZCLA DE
(*ALOE VERA* Y *CITRUS RETICULATA*) PARA LA DISMINUCIÓN DE LA TURBIDEZ
EN LAS AGUAS DEL RÍO CHICO, DEL DISTRITO DE SAN SILVESTRE DE
COCHÁN, PROVINCIA DE SAN MIGUEL, REGIÓN CAJAMARCA – 2018.**

Autor:

Terrones Coba, Luis Kleiber

Asesor:

Mg. Ing. Luna Botello, Víctor Dionisio

Cajamarca – Perú

Julio – 2019

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO



Facultad de Ingeniería

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Prevención de Riesgos

**DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE FLOCULACIÓN EN LA MEZCLA DE
(*ALOE VERA* Y *CITRUS RETICULATA*) PARA LA DISMINUCIÓN DE LA TURBIDEZ
EN LAS AGUAS DEL RÍO CHICO, DEL DISTRITO DE SAN SILVESTRE DE
COCHÁN, PROVINCIA DE SAN MIGUEL, REGIÓN CAJAMARCA – 2018.**

**Tesis presentada en cumplimiento parcial de los requerimientos para optar el
título profesional de Ingeniero Ambiental y Prevención de Riesgos**

Bach. Luis Kleiber Terrones Coba

Asesor: Ing. Mg. Luna Botello, Víctor Dionisio

Cajamarca – Perú

Julio – 2019

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO

FACULTAD INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y

PREVENCIÓN DE RIESGOS

APROBACIÓN DE TESIS PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL

**DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE FLOCULACIÓN EN LA MEZCLA DE
(*ALOE VERA* Y *CITRUS RETICULATA*) PARA LA DISMINUCIÓN DE LA TURBIDEZ
EN LAS AGUAS DEL RÍO CHICO, DEL DISTRITO DE SAN SILVESTRE DE
COCHÁN, PROVINCIA DE SAN MIGUEL, REGIÓN CAJAMARCA – 2018.**

Presidente -----

Secretario -----

Vocal -----

Asesor -----

COPYRIGHT © 2019 BY

LUIS KLEIBER TERRONES COBA

Todos los derechos reservados.

A:

La presente tesis se la dedico a mis padres por darme todo el apoyo y salud para lograr mis objetivos, otorgarme su infinita bondad, fortaleza, sabiduría, amor y guía por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no ceder ante los problemas que se presentan.

A mis hermanos (as) por confiar en mí persona y ser ejemplo de trabajo, dedicación y profesionalismo; al apoyarme incondicionalmente en todo momento, con su comprensión, consejos, y valores.

AGRADECIMIENTO:

- A Dios por iluminar mi camino todos los días de este esfuerzo constante y dirigirme hasta conseguir mis objetivos, dándome fuerzas para superar cada obstáculo que se me presento en la vida.
- Agradecer a mis padres Julio y Rosa por haberme brindado el apoyo, que me han enseñado a no desfallecer, ni a rendirme ante nada y siempre ser perseverante a través de sus sabios consejos, corrigiendo mis fallas y celebrando mis triunfos que doy en la vida.
- A mis hermanos por su apoyo incondicional.
- De manera especial a mi tutor de tesis, Mg. Ing. Luna Botello, Víctor Dionisio por haberme guiado, no solo en la elaboración de este trabajo de titulación, sino por haberme brindado su tiempo, apoyo y conocimientos para desarrollarme profesionalmente.
- Finalmente quiero agradecer a Lizeth, por ser mi compañera de la universidad, por ser mi mejor amiga, por entender mis locuras, por reír y llorar conmigo, por estar conmigo en los buenos y malos momentos, por escucharme y darme su apoyo. Gracias por apoyarme cuando más lo necesitaba, no tengo palabras para describirte la gran persona que eres, de verdad mil gracias.

RESUMEN

Se presenta los resultados correspondientes a las pruebas realizadas con las especies “Aloe Vera y Citrus Reticulata”, las cuales fueron puestas a prueba como floculante natural en el tratamiento de las aguas del río Chico en el distrito de San Silvestre de Cochán, provincia de San Miguel, Cajamarca, dicho proyecto de investigación tuvo una duración de 3 meses, tomando en cuenta variables como la velocidad de agitación, tiempo de contacto y la cantidad del recurso vegetal a usar.

La población se constituyó por las aguas del río Chico, tomando en cada toma de muestras de 80 litros de agua, necesarios para la aplicación del tratamiento mediante el uso del equipo de test de jarras y los respectivos análisis químicos.

Una vez efectuadas las pruebas se llegó a la conclusión que la disminución de la turbidez del agua se realizó de manera favorable, logrando reducir la turbidez Se determinó que la dosis optima de coagulante- floculante a agregar al agua es de un volumen de 0.50 ml Aloe Vera y 0.50 ml de Citrus Reticulata, cuyas concentraciones son de 10 % y 3 % respectivamente, con una velocidad de agitación de 100 RPM y un tiempo de reposo de 30 minutos para su aplicación a una muestra de agua cruda de aproximadamente 110 NTU, obteniéndose una disminución de turbidez de 70 %.

Palabras claves: *Aloe Vera*, cáscara de *Citrus Reticulata*, turbidez, floculantes.

ABSTRACT

The results are presented for the tests carried out with the species "Aloe Vera and Citrus Reticulata", which were tested as a natural flocculant in the treatment of the waters of the Chico River in the district of San Silvestre de Cochán, Province of San Miguel, Cajamarca, this research project lasted 3 months, taking into account variables such as agitation speed, contact time and the amount of the plant resource to use. The population was constituted by the waters of the Chico River, taking in total 80 liters of water, necessary for the application of the treatment by the use of the equipment of test of jars. Once the tests were concluded that the decrease in water turbidity was done in a favorable way, reducing the initial turbidity of 110 NTU to 37.60 NTU when using 0.25 ml Aloe Vera and 0.75 ml Citrus Reticulata, in a 34.40 NTU when using 0.75 ml Aloe Vera and 0.25 ml Citrus Reticulata and a 32.60 NTU in the case of the use of 0.50 ml Aloe Vera and 0.50 ml Citrus Reticulata.

KEYWORDS: Aloe side, rind of Citrus Reticulata, turbidity, flocculant.

CONTENIDO

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
RESUMEN	iii
ABSTRACT.....	iv
LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABLAS	xii
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	1
1. Planteamiento del problema	3
1.1. Descripción de la realidad problemática	3
1.2. Definición del problema.....	4
1.3. Objetivos de la investigación	4
1.3.1. Objetivo general.....	4
1.3.2. Objetivos específicos	5
1.4. Justificación de la investigación.....	6
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	8
2. Fundamentos teóricos de la investigación.....	8
2.1. Antecedentes teóricos.....	8
2.2. Marco histórico	11
2.3. Marco teórico	12
2.3.1. Características del agua cruda.....	12
2.3.1.1. Color	12
2.3.1.2. Turbidez.....	12
2.3.1.3. Conductividad.....	13

2.3.1.4.	pH	14
2.3.2.	La coagulación.....	14
2.3.3.	La floculación	15
2.3.4.	Sedimentación.....	15
2.3.5.	Aloe Vera (Sábila)	15
2.3.6.	Cáscara de Citrus Reticulata (CCR, Mandarina)	17
2.3.7.	Test de Jarras	19
2.4.	Discusión teórica.....	20
2.5.	Definición términos básicos	21
2.6.	Hipótesis.....	23
2.6.1.	Operacionalización de las variables	24
CAPITULO III: MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN.....		25
3.	Tipo de la investigación.....	25
3.1.	Investigación experimental	25
3.2.	Variables de la investigación	25
3.2.1.	Unidad de análisis	25
3.2.2.	Población	25
3.2.3.	Muestra	25
3.2.4.	Universo.....	26
3.3.	Técnica para el procesamiento y análisis de datos.....	26
3.4.	Técnicas de investigación	29
3.5.	Instrumentos de investigación.....	31
3.6.	Técnicas de análisis estadístico	31
3.7.	Interpretación de datos	32

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	33
4.1. Resultados obtenidos	33
4.1.1. Resultados respecto al floculante “Aloe vera”	33
4.1.1.1. Primer lote de pruebas en laboratorio	33
4.1.1.1.1. Análisis estadístico respecto al factor de turbidez según el primer lote de pruebas del floculante “ALOE VERA”	35
4.1.1.1.2. Segundo lote de pruebas en laboratorio.....	43
4.1.1.1.2.1. Análisis estadístico respecto al factor de turbidez según el segundo lote de pruebas del floculante “ALOE VERA”	44
4.1.1.2. Resultados respecto al floculante “CITRUS RETICULATA”	57
4.1.1.2.1. Primer lote de pruebas en laboratorio	57
4.1.1.2.1.1. Análisis estadístico respecto al factor de turbidez según el primer lote de pruebas del floculante “CITRUS RETICULATA”	59
4.1.1.2.2. Segundo lote de pruebas en laboratorio	67
4.1.1.2.2.1. Análisis estadístico respecto al factor de turbidez según el segundo lote de pruebas del floculante “CITRUS RETICULATA”	68
4.1.1.3. Resultados respecto a la mezcla de floculante “ALOE VERA Y CITRUS RETICULATA”	81
4.1.1.3.1. Resultados de pruebas de laboratorio	81
4.1.1.3.1.1. Análisis estadístico respecto al factor de turbidez según los resultados de las mezclas A, B y C de floculante.....	83
4.1.1.4. Comparación de los mejores resultados respecto a los tres tipos de floculante	96
4.1.1.4.1. Selección de los mejores resultados de las pruebas de laboratorio	96
4.1.1.4.1.1. Análisis estadístico respecto al factor de turbidez según los mejores resultados de las pruebas de laboratorio	98

4.1.4.1.1.1. Análisis estadístico respecto al factor pH según los mejores resultados de las pruebas de laboratorio.....	102
4.1.4.1.1.2. Análisis estadístico respecto al factor Conductividad Eléctrica según los mejores resultados de las pruebas de laboratorio.....	107
4.1.4.1.1.3. Análisis estadístico respecto al factor de Temperatura según los mejores resultados de las pruebas de laboratorio.....	111
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	114
5.1. CONCLUSIONES.....	114
5.2. RECOMENDACIONES.....	116
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	118
ANEXOS.....	122
ANEXO A.....	123
ANEXO B.....	130
ANEXO C.....	139

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Hoja de Aloe Vera.....	17
Figura 2: Planta de Citrus Reticulata	18
Figura 3: Gráfica de intervalos para turbidez (NTU) vs Conc. de floculante.....	36
Figura 4: Gráfica de comparaciones en parejas de Tukey para turbidez (NTU) vs Conc. de floculante	38
Figura 5: Gráfica de intervalos para Turbidez (NTU) vs Tiempo de agitación.....	41
Figura 6: Gráfica de comparaciones en parejas de Tukey para turbidez (NTU) vs volumen de coagulante	42
Figura 7: Gráfica de intervalos para turbidez (NTU) vs Vol. de floculante (ml) ...	46
Figura 8: Gráfica de comparaciones en parejas de Tukey para turbidez (NTU) vs Vol. de floculante (ml)	48
Figura 9: Gráfica de intervalos para Turbidez (NTU) vs RPM	50
Figura 10: Gráfica de comparaciones en parejas de Tukey para turbidez (NTU) vs RPM	51
Figura 11: Gráfica de intervalos para turbidez (NTU) vs Tiempo de sedimentación (min)	53
Figura 12: Gráfica de comparaciones en parejas de Tukey para turbidez (NTU) vs Tiempo de sedimentación (min)	55
Figura 13: Gráfica de intervalos para turbidez (NTU) vs Conc. de floculante.....	60
Figura 14: Gráfica de comparaciones en parejas de Tukey para turbidez (NTU) vs Conc. de floculante	62
Figura 15: Gráfica de intervalos para Turbidez (NTU) vs Tiempo de agitación.....	64
Figura 16: Gráfica de comparaciones en parejas de Tukey para turbidez (NTU) vs volumen de coagulante	66
Figura 17: Gráfica de intervalos para turbidez (NTU) vs Vol. de floculante (ml)	69

Figura 18: Gráfica de comparaciones en parejas de Tukey para turbidez (NTU) vs Vol. de floculante (ml)	71
Figura 19: Gráfica de intervalos para Turbidez (NTU) vs RPM	74
Figura 20: Gráfica de comparaciones en parejas de Tukey para turbidez (NTU) vs RPM	75
Figura 21: Gráfica de intervalos para turbidez (NTU) vs Tiempo de sedimentación (min)	77
Figura 22: Gráfica de comparaciones en parejas de Tukey para turbidez (NTU) vs Tiempo de sedimentación (min)	79
Figura 23: Gráfica de intervalos para turbidez (NTU) vs Mezcla	84
Figura 24: Gráfica de comparaciones en parejas de Tukey para turbidez (NTU) vs Mezcla	86
Figura 25: Gráfica de intervalos para Turbidez (NTU) vs Tiempo de agitación.....	88
Figura 26: Gráfica de intervalos para Turbidez (NTU) vs RPM	90
Figura 27: Gráfica de intervalos para turbidez (NTU) vs Tiempo de sedimentación (min)	92
Figura 28: Gráfica de comparaciones en parejas de Tukey para turbidez (NTU) vs Tiempo de sedimentación (min)	94
Figura 29: Gráfica de intervalos para turbidez (NTU) vs Tipo de floculante.....	99
Figura 30: Gráfica de comparaciones en parejas de Tukey para turbidez (NTU) vs Tipo de floculante	101
Figura 31: Gráfica de intervalos para pH vs Tipo de floculante.....	104
Figura 32: Gráfica de comparaciones en parejas de Tukey para pH vs Tipo de floculante	105
Figura 33: Gráfica de intervalos para CE vs Tipo de floculante	108
Figura 34: Gráfica de comparaciones en parejas de Tukey para CE vs Tipo de floculante	110
Figura 35: Gráfica de cajas para el comportamiento de la temperatura	112

Figura 36: foto 01 vista del río Chico del distrito de San Silvestre de Cochán, provincia de San Miguel, región Cajamarca a 300 m aproximadamente.....	131
Figura 37: foto 02 Aguas del río Chico del distrito de San Silvestre de Cochán, provincia de San Miguel, región Cajamarca	131
Figura 38: Foto 03 Recolección de muestras de agua del río Chico.....	132
Figura 39: Foto 04 Compósito de 20 litros de Agua.....	132
Figura 40: Foto 05 Se coloca 500 ml de agua en un beaker de la misma medida.....	133
Figura 41: Foto 06 Medición de turbidez inicial y final	133
Figura 42: Foto 07 Proceso manual de extracción del mucílago de las hojas del Aloe Vera	134
Figura 43: Foto 08 Proceso de secado de las cáscaras de mandarina al aire libre.....	134
Figura 44: Foto 09 Proceso de Secado de cáscaras de mandarina en horno.....	135
Figura 45: Foto 10 Proceso de molienda de las cáscaras de mandarina	135
Figura 46: Foto 11 Obtención de los floculantes: mucílago del Aloe vera y el Citrus Reticulata en polvo	136
Figura 47: Foto 12 agregando el mucílago a los beaker para la prueba de jarras.....	136
Figura 48: Foto 13 Prueba de test de jarras	137
Figura 49: Foto 14. Efecto del mucílago en el agua del río.....	137
Figura 50: Foto 15. Procedimiento en laboratorio InnoDebel. SAC	138
Figura 51: Foto 16. Pruebas en laboratorio InnoDebel. S.A.C	138
Figura 52: Imagen satelital del río Chico ubicado en el distrito de San Silvestre de Cochán, provincia de San Miguel, región Cajamarca	140

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Taxonomía del Aloe Vera.....	16
Tabla 2: Composición química y parámetros del CCR	18
Tabla 3: Matriz de Operacionalización de las variables	24
Tabla 4: Aplicación del Diseño Difactorial	27
Tabla 5: Pruebas de laboratorio	34
Tabla 6: Hipótesis estadística de ANOVA para Turbidez (NTU) vs Conc. de floculante	35
Tabla 7: Análisis de varianza para Turbidez vs Conc. de floculante.....	35
Tabla 8: Medias para Turbidez (NTU) vs Conc. de floculante	36
Tabla 9: Comparaciones en parejas de Fisher para Turbidez (NTU) vs Conc. de floculante	37
Tabla 10: Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias para Turbidez (NTU) vs Conc. de floculante	38
Tabla 11: Hipótesis estadística de ANOVA para Turbidez (NTU) vs Tiempo de agitación	39
Tabla 12: Análisis de varianza para Turbidez (NTU) vs Tiempo de agitación	40
Tabla 13: Medias para Turbidez (NTU) vs Tiempo de agitación.....	40
Tabla 14: Comparaciones en parejas de Fisher para Turbidez (NTU) vs Tiempo de agitación	41
Tabla 15: Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias para Turbidez (NTU) vs Tiempo de agitación.....	42
Tabla 16: Resultados del segundo lote de pruebas	44
Tabla 17: Hipótesis estadística de ANOVA para Turbidez (NTU) vs Vol. de floculante (ml)	44
Tabla 18: Análisis de varianza para Turbidez (NTU) vs Vol. de floculante (ml)	45
Tabla 19: Medias para Turbidez (NTU) vs Vol. de floculante (ml)	45

Tabla 20: Comparaciones en parejas de Fisher para Turbidez (NTU) vs Vol. de floculante (ml)	46
Tabla 21: Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias para Turbidez (NTU) vs Vol. de floculante (ml)	47
Tabla 22: Hipótesis estadística de ANOVA para Turbidez (NTU) vs RPM	49
Tabla 23: Análisis de varianza para Turbidez (NTU) vs RPM.....	49
Tabla 24: Medias para Turbidez (NTU) vs RPM	50
Tabla 25: Comparaciones en parejas de Fisher para Turbidez (NTU) vs RPM	50
Tabla 26: Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias para Turbidez (NTU) vs RPM	51
Tabla 27: Hipótesis estadística de ANOVA para Turbidez (NTU) vs Tiempo de sedimentación (min)	52
Tabla 28: Análisis de varianza para Turbidez vs Tiempo de sedimentación (min).....	52
Tabla 29: Medias para Turbidez (NTU) vs Tiempo de sedimentación (min)	53
Tabla 30: Comparaciones en parejas de Fisher para Turbidez (NTU) vs Tiempo de sedimentación (min)	54
Tabla 31: Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias para Turbidez (NTU) vs Tiempo de sedimentación (min)	55
Tabla 32: Pruebas de laboratorio	58
Tabla 33: Hipótesis estadística de ANOVA para Turbidez (NTU) vs Conc. de floculante	59
Tabla 34: Análisis de varianza para Turbidez vs Conc. de floculante.....	59
Tabla 35: Medias para Turbidez (NTU) vs Conc. de floculante	60
Tabla 36: Comparaciones en parejas de Fisher para Turbidez (NTU) vs Conc. de floculante	61
Tabla 37: Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias para Turbidez (NTU) vs Conc. de floculante	61

Tabla 38: Hipótesis estadística de ANOVA para Turbidez (NTU) vs Tiempo de agitación	63
Tabla 39: Análisis de varianza para Turbidez (NTU) vs Tiempo de agitación	63
Tabla 40: Medias para Turbidez (NTU) vs Tiempo de agitación.....	64
Tabla 41: Comparaciones en parejas de Fisher para Turbidez (NTU) vs Tiempo de agitación	65
Tabla 42: Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias para Turbidez (NTU) vs Tiempo de agitación.....	65
Tabla 43: Resultados del segundo lote de pruebas	67
Tabla 44: Hipótesis estadística de ANOVA para Turbidez (NTU) vs Vol. de floculante (ml)	68
Tabla 45: Análisis de varianza para Turbidez (NTU) vs Vol. de floculante (ml)	68
Tabla 46: Medias para Turbidez (NTU) vs Vol. de floculante (ml).....	69
Tabla 47: Comparaciones en parejas de Fisher para Turbidez (NTU) vs Vol. de floculante (ml)	70
Tabla 48: Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias para Turbidez (NTU) vs Vol. de floculante (ml)	71
Tabla 49: Hipótesis estadística de ANOVA para Turbidez (NTU) vs RPM.....	72
Tabla 50: Análisis de varianza para Turbidez (NTU) vs RPM.....	73
Tabla 51: Medias para Turbidez (NTU) vs RPM	73
Tabla 52: Comparaciones en parejas de Fisher para Turbidez (NTU) vs RPM	74
Tabla 53: Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias para Turbidez (NTU) vs RPM	75
Tabla 54: Hipótesis estadística de ANOVA para Turbidez (NTU) vs Tiempo de sedimentación (min)	76
Tabla 55: Análisis de varianza para Turbidez vs Tiempo de sedimentación (min).....	76
Tabla 56: Medias para Turbidez (NTU) vs Tiempo de sedimentación (min)	77

Tabla 57: Comparaciones en parejas de Fisher para Turbidez (NTU) vs Tiempo de sedimentación (min)	78
Tabla 58: Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias para Turbidez (NTU) vs Tiempo de sedimentación (min)	79
Tabla 59: Pruebas de laboratorio	82
Tabla 60: Hipótesis estadística de ANOVA para Turbidez (NTU) vs Mezcla.....	83
Tabla 61: Análisis de varianza para Turbidez vs Mezcla	83
Tabla 62: Medias para Turbidez (NTU) vs Mezcla.....	84
Tabla 63: Comparaciones en parejas de Fisher para Turbidez (NTU) vs Mezcla.....	85
Tabla 64: Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias para Turbidez (NTU) vs Mezcla.....	85
Tabla 65: Hipótesis estadística de ANOVA para Turbidez (NTU) vs Tiempo de agitación	87
Tabla 66: Análisis de varianza para Turbidez (NTU) vs Tiempo de agitación	87
Tabla 67: Medias para Turbidez (NTU) vs Tiempo de agitación.....	88
Tabla 68: Hipótesis estadística de ANOVA para Turbidez (NTU) vs RPM.....	89
Tabla 69: Análisis de varianza para Turbidez (NTU) vs RPM.....	89
Tabla 70: Medias para Turbidez (NTU) vs RPM	89
Tabla 71: Hipótesis estadística de ANOVA para Turbidez (NTU) vs Tiempo de sedimentación (min)	90
Tabla 72: Análisis de varianza para Turbidez vs Tiempo de sedimentación (min).....	91
Tabla 73: Medias para Turbidez (NTU) vs Tiempo de sedimentación (min)	91
Tabla 74: Comparaciones en parejas de Fisher para Turbidez (NTU) vs Tiempo de sedimentación (min)	93
Tabla 75: Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias para Turbidez (NTU) vs Tiempo de sedimentación (min)	94
Tabla 76: Mejores resultados según ANOVA	97

Tabla 77: Hipótesis estadística de ANOVA para Turbidez (NTU) vs Tipo de floculante	98
Tabla 78: Análisis de varianza para Turbidez vs Tipo de floculante.....	98
Tabla 79: Medias para Turbidez (NTU) vs Tipo de floculante	99
Tabla 80: Comparaciones en parejas de Fisher para Turbidez (NTU) vs Tipo de floculante	100
Tabla 81. Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias para Turbidez (NTU) vs Tipo de floculante	101
Tabla 82: Hipótesis estadística de ANOVA para pH vs Tipo de floculante.....	102
Tabla 83: Análisis de varianza para pH vs Tipo de floculante	103
Tabla 84: Medias para pH vs Tipo de floculante	103
Tabla 85: Comparaciones en parejas de Fisher para pH vs Tipo de floculante.....	104
Tabla 86: Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias para pH vs Tipo de floculante	105
Tabla 87: Hipótesis estadística de ANOVA para CE vs Tipo de floculante	107
Tabla 88: Análisis de varianza para CE vs Tipo de floculante	107
Tabla 89: Medias para CE vs Tipo de floculante.....	108
Tabla 90: Comparaciones en parejas de Fisher para CE vs Tipo de floculante.....	109
Tabla 91: Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias para CE vs Tipo de floculante	109
Tabla 92: Hipótesis estadística de ANOVA para Temperatura (°C) vs Tipo de floculante	111
Tabla 93: Análisis de varianza para Temperatura (°C) vs Tipo de floculante.....	111
Tabla 94: Medias para Temperatura (°C) vs Tipo de floculante	112

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

“La presencia de diversos materiales en suspensión, arena, limos, coloides orgánicos, plancton y otros organismos microscópicos da lugar a la turbidez en el agua” (Galvin, 2003). Estos componentes, provienen de procesos erosivos de los suelos y rocas que por medio de escorrentía superficial son arrastrados a cuerpos de agua de los ríos, lagos, etc.

La turbidez impide la penetración de radiaciones luminosas en el agua lo que atenúa a su vez la actividad fotosintética disminuyendo el oxígeno disuelto, con base en lo anterior, la turbiedad es un indicador de calidad del recurso hídrico que debe ser tenido en cuenta para suministro, ya sea para consumo o para la producción de agua potable o agua industrial. Para eliminar estas partículas es necesario recurrir a los procesos de coagulación y floculación mediante la adición de productos químicos, que favorecen el incremento en el tamaño de partícula con lo que el material suspendido precipita y puede ser separado; estos pueden clasificarse en dos grupos los polielectrólitos o ayudantes de coagulación y los metálicos. Los principales coagulantes convencionales utilizados para desestabilizar las partículas y producir el floc son: sulfato de aluminio, aluminato de sodio, cloruro de aluminio, cloruro férrico, sulfato férrico y sulfato ferroso, sin embargo, los más ampliamente utilizados son las sales de aluminio y las sales de hierro. Cuando se adicionan estas sales al agua se producen una serie de reacciones que conducen a la formación de una variedad de intermediarios químicos causantes de la aglomeración de partículas coloidales con la consiguiente formación de material sedimentable.

A pesar de ser el método más empleado, estudios han revelado que el uso de estas sustancias químicas como coagulantes genera inconvenientes en el medio ambiente debido a la producción de grandes volúmenes de lodos que presentan materiales con alguna toxicidad (Sotero, 2007) estos químicos afectan los ecosistemas en los lugares de depósito, y la toxicidad sobre organismos acuáticos y variaciones sensibles de los valores de pH; además los costos de operación con este tipo de coagulantes son por lo regular elevados. (George, 1995).

Por lo que, surge como alternativa para sustituir o minimizar el uso del sulfato de aluminio, la utilización de floculantes naturales obtenidos de especies vegetales tales como: cáscara de Citrus Reticulata (Mandarina), la hoja de Aloe Vera (sábila), entre otras. Existen muchas ventajas al utilizar floculantes naturales para el proceso de clarificación del agua. Estas sustancias son consumibles (Esquivel, 2004), por tal razón su presencia en el efluente no genera un riesgo tóxico para el ser humano. Los lodos generados por los floculantes de especies vegetales son altamente biodegradables (Gurdián, y Coto, 2011). Cuando se utiliza alumbre como coagulante, se produce una mayor cantidad de lodos que al emplear coagulantes naturales (Gurdián, y Coto, 2011). Además los costos de adquisición como la importación del sulfato de aluminio son mayores comparados con los costos de elaboración; transporte de los coagulantes fabricados a base de las plantas mencionadas (Gurdián, y Coto, 2011).

El objetivo de la presente investigación es brindar conocimientos sobre la aplicación de floculantes naturales, que permitan darle tratamiento a estas aguas contaminadas con la finalidad de disminuir la carga orgánica para ser utilizadas en el riego de cultivos. Lo innovador de esta investigación es la aplicación de especies vegetales, es decir el uso de floculantes naturales para la disminución de la turbidez sin requerir productos químicos en el proceso de tratamiento. En este sentido se determina la

eficiencia de la mezcla de los floculantes naturales de cáscara de Citrus Reticulata (Mandarina), y la hoja de Aloe Vera (sábila), para la disminución de la turbidez en aguas crudas.

1. Planteamiento del problema

1.1. Descripción de la realidad problemática

“A inicio de la década de los setenta, en varios países latinoamericanos se adoptó la tecnología de tratamiento de agua potable para países en vía de desarrollo.” Amendarez, y Nabyarina (2004). Estos nuevos procedimientos dan a conocer la importancia de utilizar coagulantes naturales locales que pudieran disminuir en parte o en su totalidad, el consumo de sustancias químicas importadas. Los coagulantes naturales generan menores costos en el tratamiento de las aguas y las realidades socio-económicas de muchos países. “Algunos floculantes alternativos utilizados en América Latina tenemos: la moringa, papa, cascara de mandarina, yuca, cactus, maíz, nopal, aloe vera y trigo; algunos de ellos son utilizados por su almidón, que se encuentra en abundancia en el Reino Vegetal y constituye la mayor reserva de carbohidratos de las plantas”. Rodríguez (2007).

Las aguas del río chico, en el distrito de San Silvestre de Cochán, provincia de San Miguel- Cajamarca son turbias, lo cual son utilizadas para regar cultivos y para el consumo de animales sin ningún tratamiento lo que puede provocar enfermedades y hasta la muerte. Para lograr la eficiencia de las aguas de río chico se puede utilizar la mezcla de floculantes naturales (Aloe Vera y Citrus Reticulata) para la disminución de la turbidez de las aguas del río chico.

Perú es un país muy rico en flora, por lo que es necesario aprovechar estos recursos realizando investigaciones sobre las plantas que puedan ayudar en el tratamiento del agua, en condiciones eficientes y económicas para las zonas pobres de la sierra peruana como lo es el distrito de San Silvestre de Cochán, provincia de San Miguel, región Cajamarca. Este lugar tiene el abastecimiento de aguas para el riego de cultivos que se realiza directamente del río Chico sin tomar precauciones en cuanto a su tratamiento, realizando un proceso corto y rudimentario de sedimentación de sólidos y desinfección, de esta manera se pone en riesgo la salud de los pobladores de estas zonas y generar alto índice de enfermedades gastrointestinales.

1.2. Definición del problema

¿Cuál es la eficiencia de la floculación de Aleo Vera, Citrus Reticulata y la mezcla, para disminuir la turbidez en las aguas del río Chico, distrito de San Silvestre de Cochán, provincia de San Miguel, Cajamarca – 2018?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Determinar la eficiencia de la floculación de la mezcla de Aloe Vera y Citrus Reticulata, para disminuir la turbidez del agua del río Chico, distrito de San Silvestre de Cochán, provincia de San Miguel, Cajamarca.

1.3.2. Objetivos específicos

- a) Determinar la turbidez del agua del río Chico, al inicio y al final del proceso de la investigación.
- b) Establecer la concentración más óptima del (Aloe Vera y Citrus Reticulata) para disminuir la turbidez en las aguas del río Chico, distrito de San Silvestre de Cochán, provincia de San Miguel, región Cajamarca.
- c) Determinar el volumen más óptima del (Aloe Vera y Citrus Reticulata) para disminuir la turbidez en las aguas del río Chico, distrito de San Silvestre de Cochán, provincia de San Miguel, región Cajamarca.
- d) Establecer y evaluar las diferentes mezclas de los floculantes naturales, de acuerdo a los mejores resultados obtenidos.
- e) Comparar la eficiencia de la floculación de cada uno de los vegetales naturales de Aloe Vera, Citrus Reticulata y la mezcla, para disminuir la turbidez en las aguas del río Chico, distrito de San Silvestre de Cochán, provincia de San Miguel, región Cajamarca.

1.4. Justificación de la investigación

La contaminación del agua es un problema que se viene acarreado durante muchos años, la falta del correcto gestionamiento de este recurso logra causar estragos en cuanto al aprovechamiento sostenible, aunque la tecnología vaya en aumento y sea accesible para países que cuentan con un crecimiento económico favorable, esta condición no es costeable por las zonas más pobres.

El uso de alternativas ecológicas y seguras para la potabilización del agua es necesarias en zonas de alto índice de pobreza. Los floculantes de origen vegetal en el proceso de clarificación del agua podría ser la solución al problema del tratamiento de la turbidez en el tratamiento del agua a bajo costo, preparando el agua para su posterior desinfección (Ramírez, y Jaramillo, 2014).

Actualmente se está reemplazando los productos químicos por los productos vegetales naturales ya que los productos químicos son de costos elevados, que afectan a la salud y al ambiente haciendo cambiar el PH del agua, etc. Mientras que los productos naturales como el Aloe Vera y Citrus Reticulata, son de fácil obtención en la zona y a bajo costo, no causa efectos para la salud ni alteran el medio ambiente, esto beneficiaría a las poblaciones del lugar y de otros lugares de la región Cajamarca.

Las pruebas correspondientes en cuanto a efectividad en la disminución de la turbidez del agua del rio chico en la zona de San Silvestre de Cochán, provincia de San Miguel, región Cajamarca, usando la mezcla de dos recursos vegetales, brinda alcances en cuanto a cuál sería el mejor remplazante para los coagulantes

químicos, contribuyendo a la solución del problema de la turbidez de las aguas del río Chico.

En algunos casos son usados como medicina naturista antibacteriano como es el caso de la cáscara de *Citrus Reticulata* y el *Aloe Vera* cuyas infusiones y/o mucílago pueden tratar infecciones.

En este proyecto de investigación se busca usar recursos naturales existentes en la zona de estudio que son de fácil alcance y en su mayoría vegetales de poco uso para los pobladores; además de que estos podrían variar su efectividad dependiendo de las características del agua de la zona a estudiar; de igual modo se involucra la minimización de gastos en el tratamiento del agua, esto conlleva al mejor conocimiento del manejo de los floculantes cáscara de *Citrus Reticulata* y el *Aloe Vera* y de esta manera los poblados de San Silvestre de Cochán, provincia de San Miguel, región Cajamarca.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2. Fundamentos teóricos de la investigación

2.1. Antecedentes teóricos

Según Kumar. (2015). Indicó “El uso de la *Caesalpinina spinosa* (tara), *aloe chinensis* (aloe vera-penca sábila) y *Carica papaya* (papaya) para el tratamiento de las aguas turbias provenientes de los ríos, lagos, etc. Las muestras de agua están preparadas con arcilla común teniendo la turbidez de 80, 90, 100 NTU; las pruebas se realizaron mediante la preparación de una solución de 500 mg de cada coagulante-floculante natural en un litro de agua, a una velocidad rápida de 80 rpm, durante 5 minutos para luego reducir a una velocidad lenta de 40 rpm durante 25 minutos; los resultados fueron favorables logrando una reducción de la turbidez de un 65.25 % en el caso de la tara, un 50 % en el caso de la penca sábila y 45.80 % en el caso de la papaya. Tomando como turbidez inicial 100 NTU se llega a la conclusión de que el floculante vegetal tara y aloe vera son los más eficientes en el tratamiento de aguas con turbidez moderada. Las cuales pueden recibir tratamiento secundario, en cuanto a filtración y desinfección si se quisiera consumir.

Según Alvarado. (2013). Indicó: “Uso de las cáscaras de papa como coagulante natural en el tratamiento de aguas potables de la planta “La Diana”; se compara mezclas de cáscaras de Mandarina y sulfato de aluminio para evaluar qué formulación es la más adecuada como agente coagulante manteniendo sus características de ph, color y turbiedad. Mediante la prueba de jarras, se determinó la dosis óptima del sulfato de aluminio (8 mg/L, formulación patrón), en la clarificación de una muestra de agua del río Cane y la quebrada Colorada los resultados fueron: color 41 UPC, turbiedad de 2 NTU y ph 7,76 y se comparó con

las otras formulaciones de cáscaras de mandarina y sulfato de aluminio. Los resultados indican que la mayor reducción de color se obtuvo con el tratamiento 3 (2,5 g de cáscaras de mandarina, a pH 7,4); es decir que los resultados de estos dos parámetros se encuentran dentro de los valores exigidos por la norma. La remoción de turbiedad fue igual en todos los tratamientos.

Según Antov, y Petrovic. (2010). Indicó que las semillas como la del frijón también ha sido estudiada, con el objetivo de evaluar la efectividad del agente activo y mejores técnicas de extracción usando una solución de NaCl. Los resultados finales sugieren, que la mayor concentración del principio activo se obtuvo con una solución de vegetal a 0,5 M, para una concentración de 1,75 M se obtuvo la mayor reducción de la turbidez, 72,3 % del floculante; 22% más efectivo que las semillas crudas del frijol, esto permite la utilización del floculante para la purificación del agua, aunque el poder de remoción no se comparara con coagulantes naturales más eficientes.

Según Vásquez. (1994). Indicó que muchas especies de cactus alrededor del mundo hacen parte de la larga lista de sustancias ensayadas para obtener coagulantes y floculantes naturales. Por ejemplo, en México se extrajo el agente activo de varias especies nativas de cactus (*Opuntia imbricata* y *Opuntia lindheimeri*), usando acetona como solvente. Análisis fisicoquímicos realizados, mostraron un alto contenido de sales inorgánicas, las cuales son importantes en el proceso de coagulación, porque favorecen la desestabilización de las cargas. Los coagulantes naturales obtenidos fueron utilizados para el tratamiento de aguas sintéticas, aguas residuales domésticas y para la remoción de metales pesados. La remoción de turbidez y metales pesados de las dos especies fue muy similar para

las pruebas con aguas sintéticas y aguas residuales domésticas. Los coagulantes fueron muy efectivos a un pH alcalino, los resultados obtenidos permitieron concluir, que los cactus pueden utilizarse, como coagulantes por sí solo, o trabajar junto con el alumbre para aumentar su eficiencia.

Según López. (2014). Indicó en su artículo “Evaluación de almidones de malanga (*Colocasia esculenta*) como agente coadyuvante en la remoción de turbiedad para el proceso de potabilización del agua”, se pretende evaluar la eficiencia de las mezclas de almidón de malanga con sulfato de aluminio para remover la turbiedad. En el proceso para la extracción del almidón se molieron 30 kg de fruto hasta su completa pulverización usando una licuadora, luego se mezcla con agua a 40 °C obteniendo hasta tres veces su volumen; centrifugar y filtrar; dejar reposar por 48 horas, el sobrenadante se retiró y dejó secar en una estufa a 50°C por 24 horas. La demostración de la eficiencia se realizó mediante la prueba de jarras, usando agua con turbidez, de 50, 60, 70, 80, 90 y 100 NTU. Se obtuvieron resultados favorables y significativos al mezclar el sulfato de aluminio con el almidón de malanga para remover la turbidez del agua.

Según Wilchez. (2013). Indicó en su artículo “Alternativa para potabilización de agua en zonas rurales”, La proposición del uso de plantas vegetales para el tratamiento de aguas turbias de las zonas rurales de Pamplona, las cuales no cuentan con red de abastecimiento de agua potable, generando un alto índice de enfermedades diarreicas agudas. Como objetivo principal se realiza la aplicación de la especie moringa oleífera y opuntia ficus, como método de prueba se introdujeron las semillas pulverizadas de moringa oleífera y el mucilago de la opuntia al agua captada contenida en un recipiente cilíndrico de 5 litros, se agregó

30 gramos de moringa oleífera y 45 gramos de opuntia, se agitó rápidamente hasta formar los flóculos de forma ascendente y decantando las arenas, proceso que tardó 5 minutos aproximadamente, para finalizar el proceso se realiza el filtrado y la desinfección. Se concluye que el método utilizado se puede usar para obtener agua potable de alta calidad manteniendo sus características fisicoquímicas en valores aceptables para el consumo humano.

2.2. Marco histórico

En la naturaleza el agua no se encuentra pura, siempre tiene sustancias químicas, físicas y / o biológicos, ya que recoge impurezas mientras transcurre su recorrido habitual (ríos, quebradas), las causas más comunes de la contaminación de las aguas crudas se da por la descarga de aguas residuales, en todo cuerpo de agua ocurre una purificación natural que no es del todo eficiente para asegurar un agua sanitariamente segura, dando por definición que el agua cruda es aquella que se encuentra de modo natural en el ambiente y que ha sufrido procesos de contaminación y purificaciones naturales, sin tratamiento alguno. De este modo se puede identificar a cuerpos de agua superficiales y subterráneos como ríos, lagos, quebradas, acuíferos. (Aguilar, 2010).

2.3. Marco teórico

2.3.1. Características del agua cruda

2.3.1.1. Color

Según Catalán, La Fuente., y Catalán, Alonso. (1987). Indicó que el color del agua se debe a sustancias coloreadas existentes en suspensión o disueltas en ella, materias orgánicas procedentes de la descomposición de vegetales, así como de diversos productos y metabolitos orgánicos que habitualmente se encuentran en ellas (coloraciones amarillentas). La presencia de sales solubles de Fe y Mn (aguas subterráneas y superficiales poco oxigenadas) también produce un cierto color en el agua. En aguas naturales de lagos y embalses suele existir una relación directa entre color y pH. El color de las aguas profundas de lagos y embalses durante la época de estratificación térmica es marcadamente superior al del agua superficial.

2.3.1.2. Turbidez

Según Catalán, la Fuente., y Catalán, Alonso. (1987). Indicó la presencia de materias en suspensión, arcilla, limos, coloides orgánicos, plancton y organismos microscópicos que da lugar a la turbidez en el agua. Estas partículas (dimensiones variables desde 10 mm hasta 0,1 mm) pueden asociarse a tres categorías: minerales, partículas orgánicas húmicas y partículas filamentosas. Las primeras provienen de la erosión de suelos y rocas que suelen estar revestidas de restos orgánicos, y conforman la mayor fracción de las materias en suspensión de la mayoría de las aguas. Los aportes de aguas turbias de escorrentía por lluvias, ricas

en materias minerales causan aumentos de turbidez en aguas de ríos y embalses, así como las algas en época de la floración.

En aguas naturales, la turbidez evoluciona según el aporte de aguas de escorrentías al medio, estas a su vez son provocadas por las lluvias, especialmente, si éstas son torrenciales o se producen en terrenos susceptibles de fácil erosión. En embalses y lagos, el período de mezcla presenta alta turbidez en toda la columna de agua, mientras durante la estratificación térmica las aguas superficiales presentan baja turbidez que va incrementándose con la profundidad del agua. La turbidez se reduce con la sedimentación natural.

Respecto a la transparencia, medida utilizada en estudios limnológicos, está afectada por las floraciones algales en la masa de agua. Los valores de transparencia en lagos y embalses de nuestras latitudes suelen oscilar entre 1 y 5 m.

2.3.1.3. Conductividad

Según Manahan, (2007). Indicó que la conductividad o Conductancia es la capacidad de una sustancia para conducir corriente eléctrica. La unidad más utilizada para expresar la conductividad es el micromhos/cm, y en el sistema internacional de unidades (SI) el siemens o microsiemens. El agua químicamente pura tiene muy baja conductividad eléctrica, el cual es un valor que tiene significancia puramente teórica, ya que el agua pura es muy difícil de obtener.

2.3.1.4. pH

Según Manahan, (2007). Indicó que el pH es el logaritmo negativo o el logaritmo recíproco de la actividad del ión hidrógeno en una solución acuosa o de otro solvente especificado.

El valor del pH juega un papel importante en ciertos procesos de potabilización, como la coagulación, la desinfección por cloro, el ablandamiento y el control de corrosión. Su medición es usada universalmente para expresar la intensidad de las condiciones ácidas o alcalinas de una solución. Es un indicador de la acidez de una sustancia. Matemáticamente es determinado por el número de iones de hidrógeno (H⁺) en una sustancia.

$$- \text{Log} [\text{H}] = \text{pH}$$

2.3.2. La coagulación

Es un proceso que se inicia con la adición de un agente coagulante al agua a una determinada agitación, dando lugar a que los coloides se desestabilicen.

El tipo de coagulación que ocurre al utilizar un coagulante natural con contenido de mucílago es de adsorción y formación de puente. (Chun., Yang, 2010), es decir las partículas coloidales de carga negativa son atraídas por las cargas positivas del coagulante natural. Las moléculas son largas por lo que pueden retener partículas coloidales por

todas sus extremidades formando puentes, prosiguiendo con la creación de los flóculos. (Andia, 2000).

2.3.3. La floculación

Es el proceso que le prosigue a la coagulación, esta se basa en agitar la masa lentamente por un periodo más largo con la finalidad de conseguir acrecentar y aglomerar los flóculos para lograr el aumento del tamaño de las partículas y el peso para una fácil sedimentación. (Andia, 2000).

2.3.4. Sedimentación

Es un proceso físico donde las partículas que tienen mayor densidad que el agua usan la fuerza de gravedad para descender hacia el fondo. La sedimentación de las partículas, es también llamado decantación siendo más eficiente cuando estas tienen mayor tamaño (Rodríguez, 2007).

2.3.5. Aloe Vera (Sábila)

La planta de color verde puede llegar hasta 15 cm de alto, se caracteriza por tener hojas verdes y largas en forma de espada con una serie de punta de aproximadamente 15 cm de largo y un grosor considerable, cuenta con espinas hacia los bordes de las hojas, de un color verde pálido. La flor varía de color desde el amarillo hasta el rojo y se dispone en racimo de una forma tubular. Para su crecimiento los requerimientos del clima y suelo no son muy exigentes ya que se logra desarrollar en suelos pobres. Una de las propiedades del Aloe Vera, adjudicada por muchos investigadores es la propiedad de coagulación.

Existen más de 260 especies, de origen al sur de África, se puede desarrollar en países tropicales y subtropicales. (Garcés, 2004).

El Aloe Vera se caracteriza por poseer en el interior una sustancia viscosa, también llamado gel o mucílago. Tras algunos estudios realizados se ha determinado que se contiene más de 130 compuestos, entre ellos polisacáridos que contienen distintas cantidades de manosa, glucosa y galactosa. Los glucomanos, galactoglucoarabinomanos y otros. En los últimos años se ha generado un gran interés por el acemanano (β -(1-4)-manano o-acetilados), componente activo, que se define como un polisacárido mucilaginoso. (Vila, y Guinea, 2001). Esta sustancia es un compuesto dentro de los tratamientos de agua debido a su mecanismo de desestabilización de coloides (Babora., Freire., y Olivera, 2014).

Tabla 1: *Taxonomía del Aloe Vera*

Taxonomía	
División	<i>MAGNOLIOPHYTA</i>
Clase	<i>LILIOPSIDA</i>
Subclase	<i>LILIIDAE</i>
Orden	<i>LILIALES</i>
Familia	<i>LILIACEAE</i>
Genero	<i>Aloe</i>
Especie	<i>Aloe Vera (L) Burn.</i>

Fuente: Herbario del Museo de Historia Natural



Figura 1: Hoja de Aloe Vera
Fuente: Razuri, 2017

2.3.6. Cáscara de Citrus Reticulata (CCR, Mandarina)

Los árboles son pequeños, hojas unifoliadas, pecíolos con pequeñas alas y articulados con la vaina de la hoja; las flores son de color blanca, simples y ubicadas en las axilas de las hojas, el ovario generalmente de 10 a 14 partes. El fruto es un tipo especial de baya (hesperidio), las semillas pueden ser monoembriónicas y poliembriónicas, la raíz pivotante con muchas raíces secundarias. (Casaca, 2013).

La humedad relativa influye sobre la calidad de la fruta. La mandarina en regiones donde la humedad relativa es alta, tiende a tener cáscara delgada y suave, mayor cantidad de jugo y de mejor calidad. La baja humedad favorece una mejor coloración de la fruta. El rango adecuado de humedad relativa puede considerarse entre 60 y 70 %. Las altitudes aptas para el cultivo de Mandarina oscilan entre los 400 a 1.300 m.s.n.m. (Casaca, 2013).



Figura 2: Planta de Citrus Reticulata

Fuente: recuperado de <http://www.Wordpress.com>, 2013

Tabla 2: Composición química y parámetros del CCR

Componente	Valor
Humedad (g/100 g)	12,57 ± 0,11
Proteínas (g/100 g m.s.)	8,14 ± 0,08
Extracto etéreo (g/100 g m.s.)	2,14 ± 0,03
Cenizas (g/100 g m.s.)	2,73 ± 0,01
Fibra dietaria total (g/100 g m.s.)	43,84 ± 1,14
Fibra dietaria insoluble (g/100 g m.s.)	28,61 ± 1,07
Fibra dietaria soluble (g/100 g m.s.)	15,23 ± 0,16
Relación FDI/FDS	1,88 ± 0,07
Pectina (g/100 g m.s.)	14,46 ± 0,87

Fuente: Esteban Gutiérrez, 2016

2.3.7. Test de Jarras

Abramovich, Lura, y Vaira, (2004) para el proceso de coagulación-floculación es necesario determinar la cantidad del coagulante a agregar al agua, para ello se tiene que hacer un ensayo conocido como “Jar Test” o Test de Jarras. La prueba de jarras es un procedimiento común de laboratorio para determinar las condiciones óptimas de concentración. Este método permite realizar ajustes en las variaciones en la dosis de coagulante o polímero, alternando velocidades de mezclado a pequeña escala, con el fin de predecir el funcionamiento de una operación a mayor escala de tratamiento. La prueba de jarras permite realizar los procesos de coagulación y floculación que generan la eliminación de los coloides en suspensión y materia orgánica que puede conducir a problemas de turbidez, olor y sabor.

El aparato de Prueba de Jarras contiene seis remos que remueven el contenido de seis envases o vasos, mismos que deben ser de 2 litros (L), preferentemente, o de 1 L alternativamente. Se debe evitar usar vasos más pequeños, debido a la dificultad de obtener precisión en la dosificación de pequeños volúmenes de coagulantes. Un envase actúa como un control, mientras que la condición de funcionamiento puede variar entre los restantes cinco contenedores. Presenta un medidor de revoluciones por minuto (RPM) el cual permite el control uniforme de la velocidad de mezclado en todos los contenedores (Acosta, 2006).

2.4. Discusión teórica

El agua cruda que discurre por la naturaleza se encuentra en contacto con diferentes tipos de suelos y por lo cual se inserta diversos componentes ya sea en forma disuelta o como sólidos en suspensión, los cuales hacen que el agua no sea adecuada para los diferentes usos, tal como describe (Beltrán, y Rangel, 2012) en su publicación de “Modelamiento dinámico de los sólidos suspendidos totales en el humedal de libro”.

Para mitigar la problemática de la calidad del agua por sólidos suspendidos existen varias alternativas de tratamiento de aguas mediante los procesos de coagulación y floculación, y sedimentación. En algunos casos se emplea directamente la sedimentación (sin la adición de agentes coagulantes y floculantes) cuando las partículas en suspensión tienen una densidad mayor al agua. Cuando los sólidos o coloides no sedimentan es necesario aplicar algunos coagulante y floculantes o productos que hagan la misma función a la vez, para que las partículas en suspensión aumenten su densidad y éstas pueda separarse por sedimentación logrando obtener un agua de mejor calidad.

Los agentes de coagulación y floculación se obtienen a través de síntesis química y por extracción de fuentes naturales de origen vegetal o animal, siendo éstos últimos considerados ambientalmente amigables en comparación con los agentes de síntesis debido a su biodegradabilidad. (Anastasakis, Kalderis, y Diamadopoulos, 2009). Los coagulantes alternativos pueden tener rendimientos iguales o incluso superiores a los de origen sintético, además tienen un valor agregado relacionado con las características de biodegradabilidad que lo convierten en una alternativa viable desde el punto de vista ambiental. (Nieto, y Ulloa, 2011).

Considerando que los coagulantes y floculantes provenientes de origen natural son una alternativa interesante y amigable al medio ambiente; entonces la presente propuesta de investigación considera importante realizar los estudios de evaluar el efecto de la disminución de la turbidez en el agua por floculantes de Aloe Vera (Sábila) y la cáscara de Citrus Reticulata (Mandarina). Se considera que el mejor producto sería el Aloe vera (Sábila) debido a que este producto no contiene clorofila, y otros componentes que no actúan como floculantes.

2.5. Definición términos básicos

a) Humedad

Se denomina humedad al agua que impregna un cuerpo o al vapor presente en la atmósfera el cual, por condensación, forma las nubes, que ya no están formadas por vapor sino por agua o hielo. El agua está presente en todos los cuerpos vivos.

A.1.-Humedad Absoluta

Es la cantidad de vapor de agua que se encuentra por unidad de volumen de aire de un ambiente. El vapor de agua suele ser medido en gramo y el volumen de aire en metros cúbicos. Al medirla, se puede saber qué cantidad de vapor contiene el aire. Se expresa en g/m³.

A.2.-Humedad Específica

Es la cantidad de humedad en peso que se requiere para saturar un kilogramo de aire seco, o, lo que es lo mismo: los gramos de vapor agua que contiene 1 kg de aire seco. Se expresa en g/kg.

A.3.-Humedad Relativa

Es la relación entre la cantidad de vapor de agua real y la que necesitaría contener para saturarse a idéntica temperatura. Se expresa en porcentajes.

b) Extracto etéreo

Se denomina también grasa bruta al conjunto de sustancias de un alimento que se extraen con éter etílico (ésteres de los ácidos grasos, fosfolípidos, lecitinas, esteroides, ceras, ácidos grasos libres).

c) Fibra dietaria total

Es la parte del alimento que no es afectada por el proceso digestivo en el cuerpo. Sólo una pequeña cantidad de fibra es metabolizada en el estómago y el intestino; el resto pasa a través del tracto gastrointestinal y hace parte de las heces. Hay dos tipos de fibra dietaria: soluble e insoluble.

d) Relación FDI/FDS

Fibra dietética soluble (FDS). Es la fracción de la Fibra dietética total (FDT) soluble en agua. Comprenden a las pectinas, gomas, mucílagos, ciertas celulosas y la celulosa modificada. La FDS puede variar entre 15,0 % a 50,0 % de la FDT, según el método analítico empleado.

e) Fibra Dietética Insoluble (FDI)

Es la fracción de la FDT que es insoluble en agua. Comprende celulosas, gran parte de las hemicelulosas y la lignina. Casi todos los alimentos que contienen fibra, contienen más FDI que FDS. En dietas típicas de alimentos, cerca de 2/3 a 3/4 partes de la FDT es insoluble en agua.

f) Pectina

Son un tipo de heteropolisacáridos. Una mezcla de polímeros ácidos y neutros muy ramificados. Son el principal componente de la lámina media de la pared celular y constituyen el 30 % del peso seco de la pared celular primaria de células vegetales. A pesar de que la pectina no aporta muchos nutrientes en la salud, tiene la capacidad de eliminar las toxinas que ingresan al organismo, desintoxicando órganos como el hígado y el intestino.

g) Eficiencia

Es la capacidad de lograr ese efecto en cuestión con el mínimo de recursos posibles o en el menor tiempo posible.

h) Estratificación Térmica

Se refiere al fenómeno físico por el cual el aire de distintas densidades se estratifica en función de su temperatura, de mayor densidad y menor temperatura más cercana al suelo y el de menor densidad y mayor temperatura más lejana al suelo.

2.6. Hipótesis

La hipótesis de la investigación del presente trabajo está dada por la mezcla de *Aloe Vera* y *Citrus Reticulata*, a ciertas concentraciones para determinar la eficiencia que genere la disminución de la turbidez en las aguas del río Chico, distrito San Silvestre de Cochán, provincia de San Miguel, región Cajamarca.

2.6.1. Operacionalización de las variables

Tabla 3: *Matriz de Operacionalización de las variables*

Variable	Definición	Indicador	Unidad	Instrumentos
Variable Dependiente: Turbidez del agua del río chico, del distrito de San Silvestre de Cochán – San Miguel.	Dificultad del agua, para transmitir la luz debido a materiales insolubles en suspensión, coloidales, que se presentan principalmente en aguas superficiales.	Medición de turbidez inicial y final.	NTU	Pruebas “Test de Jarras”. Turbidímetro
Variable Independiente: Mezcla de Aloe Vera y Citrus Reticulata.	Cantidad de cada recurso natural.	Concentración del Floculante Volumen del floculante	mg/L	Balanza analítica Micro pipeta volumétrica

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO III: MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

3. Tipo de la investigación

3.1. Investigación experimental

El tipo de investigación al presente proyecto es experimental, porque se desarrolla en el laboratorio y genera conocimientos para resolver el problema del contenido de sólidos suspendidos en el agua. El enfoque de la investigación es cuantitativo debido a que los resultados provienen de la medición dada en la experimentación, con los cuales se deducirá para una generalización hacia toda la población.

La dimensión temporal de la investigación es de tipo longitudinal prospectivo, debido a que se realizó varias pruebas en un periodo de tres meses.

3.2. Variables de la investigación

3.2.1. Unidad de análisis

La unidad de análisis se considera para cada prueba de 500 mL de agua, tomada de las aguas del río Chico, que se desarrolla en el equipo de Jar-test con los productos naturales obtenidos en el proceso de extracción, considerando como factores la mezcla de los productos.

3.2.2. Población

Agua del río Chico del distrito de San Silvestre de Cochán, provincia de San Miguel, región Cajamarca.

3.2.3. Muestra

80 litros de agua extraídos del río Chico del distrito de San Silvestre de Cochán, provincia de San Miguel, región Cajamarca.

3.2.4. Universo

Está constituida por las aguas del río Chico, ubicado en el distrito de San Silvestre de Cochán, provincia de San Miguel, región Cajamarca.

3.3. Técnica para el procesamiento y análisis de datos

El diseño de esta investigación es experimental difactorial, de manera que se usan las variables en simultáneo con el propósito de estudiar el efecto de cada variable independiente en la variable dependiente. Se tendrán representadas las variables independientes de la siguiente manera:

- Recurso vegetal, *Aloe Vera* (Sábila) - RV1
- Recurso vegetal, *Citrus Reticulata* (Mandarina) – RV2
- Cantidad de recurso vegetal – CR
- Tiempo de contacto – TC
- Velocidad de agitación – VA

Tabla 4: *Aplicación del Diseño Difactorial*

	COAGULANTE- FLOCULANTE		PREPARACIÓN DEL REACTIVO		TURBIDEZ		
	Turbidez inicial	Turbidez final	Aloe Vera	Citrus Reticulata	Inicial	Final	
Aloe Vera			Primer análisis	25 %	75 %		
			Segundo análisis	50 %	50 %		
			Tercer análisis	75 %	25 %		
Citrus Reticulata			Primer análisis	25 %	75 %		
			Segundo análisis	50 %	50 %		
			Tercer análisis	75 %	25 %		
Mezcla			Primer análisis	25 %	75 %		
			Segundo análisis	50 %	50 %		
			Tercer análisis	75 %	25 %		

Fuente: Elaboración propia

Para el desarrollo de la investigación se tomó muestras de agua del río Chico, distrito de San Silvestre de Cochán, provincia de San Miguel, región Cajamarca cuyas coordenadas son (0751800 E, 9229376 S con una elevación de

2970 m) en su estado natural, se utilizaron muestras de 80 litros de agua, las cuales se almacenaron en balde de plástico. La muestra será etiquetada como muestra inicial, la misma que será llevada inmediatamente al laboratorio InnoDebel S.A.C. Ver ANEXO B (Panel fotográfico) y ANEXO C (Imágenes satelitales).

Del compósito de las muestras de los 80 litros se toma 500 ml para cada unidad experimental, a cada unidad se debe variar los siguientes factores: Recurso vegetal, velocidad de agitación, tiempo de contacto y cantidad de recurso vegetal. Ver ANEXO B (Panel fotográfico).

Se realizó la medición de variable de salida: Turbidez inicial y final, para determinar la eficiencia. Ver ANEXO B (Panel fotográfico).

Para la obtención del mucilago del Aloe vera (Sábila) (coagulante – floculante natural), se utilizó como materia prima a las hojas de aloe vera, primero se realizó la recolección de las hojas, luego fueron lavadas con agua potable. Posteriormente se retiró la corteza, y se obtuvo el mucilago de aloe vera el cual fue depositado en un frasco de vidrio. Ver ANEXO B (Panel fotográfico).

Para la obtención del coagulante – floculante natural de la cáscara de Citrus Reticulata (Mandarina), La cáscara húmeda recién desprendida de la fruta, se cortó en trozos pequeños de forma cuadrada, y se colocó en bandejas para ser secado por el sol durante cuatro días, se logra perder la humedad y el color de esta se torna naranja amarillento. Después se lleva a 120 °C en la estufa por dos horas,

luego esta cáscara se trituró en un molino casero, el polvo obtenido se guardó en un frasco de vidrio. Ver ANEXO B (Panel fotográfico).

Finalizada la obtención de los recursos naturales y recolección de las muestras de agua, estas se trasladaron al laboratorio InnoDevel S.A.C. con la finalidad de determinar la agitación, concentración y turbidez a través del equipo test de jarras, las aguas resultantes se analizan fisicoquímicamente para determinar la turbidez inicial y final de los floculante naturales (Aloe Vera y Citrus Reticulata) y de la mezcla de productos naturales, en la remoción de la turbidez, luego de ello se realizó la preparación del reactivo, combinando diferentes concentraciones del mucilago de Aloe Vera y Citrus Reticulata, realizando análisis fisicoquímico, la primera se realiza a una concentración de 25 % Aloe Vera y 75 % de Citrus Reticulata, la segunda a 50 % de Aloe Vera y 50 % de Citrus Reticulata y por último la tercera a 75 % de Citrus Reticulata y 25 % de Aloe Vera. Ver ANEXO B (Panel fotográfico).

Los valores obtenidos fueron sometidos a pruebas estadísticas ANOVA, para determinar su grado de confiabilidad.

3.4. Técnicas de investigación

La técnica de investigación que se usó para el experimento fue usar el procedimiento de “Jar-Test” para realizar las pruebas de floculación de partículas presentes en el agua. Esta prueba, según Galvín., Marín. (1998): indicó: “La estandarización del Jar-test arranca como una norma ASTM norteamericana que fue publicada en 1980. En ella se establece que el ensayo se enfoca a la evaluación

del tratamiento de un agua en orden a reducir su contenido en sólidos disueltos, sólidos en suspensión, materias coloidales y otras materias no sedimentables, mediante coagulación y posterior decantación por gravedad. Con este ensayo se puede evaluar a escala de laboratorio la reducción de color, turbidez y dureza del agua bruta investigada”.

El mismo autor refiere que: “Este ensayo consiste en la adición de dosis crecientes de coagulante y/o floculante a una serie de porciones del agua a ensayar, determinando después de un período de agitación adecuado, las características del coágulo y algunas propiedades físicas y químicas en las porciones tratadas, que permiten establecer las dosis óptimas de coagulante y/o floculante que deben añadirse al agua para su tratamiento.

Los resultados obtenidos en el tratamiento de coagulación no dependen solamente de las propiedades del agua a tratar y de la dosis de coagulante y/o floculante añadidas, sino también de las características constructivas de cada planta (forma y dimensiones de los decantadores, método de adición del coagulante, sistemas de acondicionamiento del coágulo, etc.). Los resultados que se obtengan en el ensayo de laboratorio dependen a su vez de otra serie de factores, de los cuales los más importantes son la forma, dimensiones de los recipientes, agitadores empleados, el tiempo y la velocidad de la agitación. En cambio, la velocidad y el tiempo de agitación no pueden especificarse de un modo general, lo que obliga a efectuar en cada planta una serie de ensayos comparativos, con tiempos y velocidades variables, hasta encontrar cuales son los valores definitivos que conviene adoptar para conseguir que la dosis óptima encontrada en el ensayo de laboratorio coincida en lo posible con las óptimas de la planta”.

La medición del efecto del floculante de la cáscara de mandarina y Aloe vera se realizó mediante la medición de la disminución de la turbidez al añadir el floculante.

3.5. Instrumentos de investigación

Los instrumentos para el experimento es el equipo de “jar-test” que tiene seis agitadores, para seis pruebas en paralelo.

Medidor de Turbidez (Turbidímetro), este equipo es útil para medir el contenido de sólidos suspendidos y coloides de forma indirecta, la técnica es considerada de medición óptica, debido que mide el traspaso de la luz a través de la muestra.

3.6. Técnicas de análisis estadístico

Para la evaluación de los datos experimentales en su efecto de los productos de Aloe Vera y Citrus Reticulata como floculantes se usó las pruebas estadísticas de ANOVA (análisis de varianza) para evaluar si la mezcla de estos dos floculantes naturales es eficiente.

Según lo publicado en la página de Minitab describe que:

“Un análisis de varianza (ANOVA) prueba la hipótesis de que las medias de dos o más poblaciones son iguales. La prueba evalúa la importancia de uno o más factores al comparar las medias de la variable de respuesta en los diferentes niveles de los factores. La hipótesis nula establece que todas las medias de la población (medias de los niveles de los factores) son iguales mientras que la hipótesis alternativa establece que al menos una es diferente”.

3.7. Interpretación de datos

Para la interpretación de los datos obtenidos en el laboratorio InnoDebel S.A.C. son obtenidos en pruebas y procesados en un software Minitab, para lo cual se tuvo teoría como referencia al respecto del tema y estudios anteriores realizados.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Resultados obtenidos

4.1.1. Resultados respecto al floculante “Aloe vera”

4.1.1.1. Primer lote de pruebas en laboratorio

El tipo de investigación al presente proyecto es experimental, porque se desarrolla en el laboratorio y genera conocimientos para resolver el problema del contenido de sólidos suspendidos en el agua. El enfoque de la investigación es cuantitativo debido a que los resultados provienen de la medición dada en la experimentación, con los cuales se deducirá para una generalización hacia toda la población.

La dimensión temporal de la investigación será de tipo longitudinal prospectivo, debido a que se realizó varias pruebas en un periodo de tres meses.

Con esta serie de pruebas se quiere definir; a) la mejor concentración del floculante ALOE VERA, b) el mejor tiempo de agitación. Para lo cual todas las pruebas se realizaron a un 1 ml de volumen de floculante aloe vera.

La muestra que se utilizó para las pruebas estaba en las siguientes condiciones; pH = 8.03, CE = 70 us/cm y a 12.3 °C de temperatura.

Tabla 5: *Pruebas de laboratorio*

RESULTADOS DE TURBIDEZ (NTU) A DIFERENTES TIEMPOS DE SEDIMENTACIÓN

N° de prueba	Concentración Flocculante (%)	RPM	Tiempo agitación (min)	Tiempo de sedimentación			
				0 min	15 min	30 min	45 min
01	5	20	1	110	116.0	104.0	102.2
02	5	20	30	110	86.4	84.7	94.6
03	5	100	30	110	98.5	98.7	98.8
04	5	100	1	110	111.0	109.0	109.6
05	10	20	1	110	97.4	95.2	96.5
06	10	20	30	110	96.3	94.7	92.7
07	10	100	30	110	27.1	26.1	24.3
08	10	100	1	110	76.9	67.7	66.9
09	15	20	1	110	101.0	101.0	100.0
10	15	20	30	110	94.3	92.6	93.2
11	15	100	30	110	111.0	101.0	100.6
12	15	100	1	110	97.9	96.2	95.8
13	100	20	1	110	102.0	98.0	99.6
14	100	20	30	110	109.0	102.0	101.3
15	100	100	30	110	114.0	111.0	109.6
16	100	100	1	110	103.0	102.5	104.3

Fuente: Elaboración propia

4.1.1.1.1. Análisis estadístico respecto al factor de turbidez según el primer lote de pruebas del floculante “ALOE VERA”

a. ANOVA de un solo factor: Turbidez (NTU) vs Concentración de floculante (ml)

Tabla 6: *Hipótesis estadística de ANOVA para Turbidez (NTU) vs Conc. de floculante*

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7: *Análisis de varianza para Turbidez vs Conc. de floculante*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Conc. Floculante	3	6115	2038.2	7.45	0.000
Error	60	16418	273.6		
Total	63	22533			

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 07, se rechaza la hipótesis nula debido a que el valor $p = 0.000$ es menor que el nivel de significancia de $\alpha = 0.05$, por ende, se concluye que no todas las medias de las diferentes concentraciones de floculante son iguales.

Tabla 8: Medias para Turbidez (NTU) vs Conc. de floculante

Conc. Floculante	N	Media	Desv.Est.	IC de 95 %
5.00 %	16	103.34	9.11	(95.07; 111.62)
10.00 %	16	81.36	30.72	(73.09; 89.63)
15.00 %	16	101.54	6.62	(93.27; 109.81)
100.00 %	16	106.02	4.89	(97.75; 114.29)

Fuente: Elaboración propia

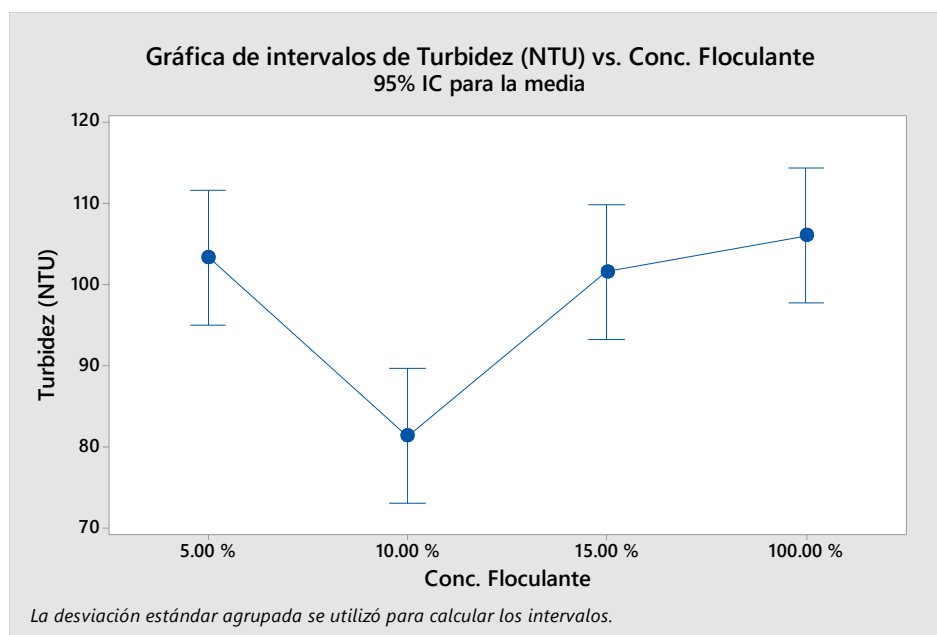


Figura 3: Gráfica de intervalos para turbidez (NTU) vs Conc. de floculante

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 08 y la figura 03, la concentración de floculante al 10 % tiene la media más baja y la concentración de floculante al 100 % tiene la media más alta, por ende, la concentración de floculante al 10 %

tiene el mayor porcentaje de remoción de turbidez por lo cual se considera como el control de la investigación.

Tabla 9: Comparaciones en parejas de Fisher para Turbidez (NTU) vs Conc. de floculante

Conc. Floculante	N	Media	Agrupación
100.00 %	16	106.02	A
5.00 %	16	103.34	A
15.00 %	16	101.54	A
10.00 %	16	81.36	B

Fuente: Elaboración propia

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes, en la tabla 05, el grupo A contiene las medias del 100, 5 y 15 % de concentración de floculante aloe vera y el grupo B contiene la media del 10 % de concentración de floculante aloe vera, por lo tanto, las medias del grupo A y del grupo B son significativamente diferentes.

Tabla 10: Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias para Turbidez (NTU) vs Conc. de floculante

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95 %	Valor T	Valor p ajustado
10 - 5	-21.98	5.85	(-37.45; -6.51)	-3.76	0.002
15 - 5	-1.81	5.85	(-17.27; 13.66)	-0.31	0.990
100 - 5	2.67	5.85	(-12.79; 18.14)	0.46	0.968
15 - 10	20.17	5.85	(4.71; 35.64)	3.45	0.006
100 - 10	24.66	5.85	(9.19; 40.12)	4.22	0.000
100 - 15	4.48	5.85	(-10.99; 19.95)	0.77	0.869

Nivel de confianza individual = 98.96 %

Fuente: Elaboración propia

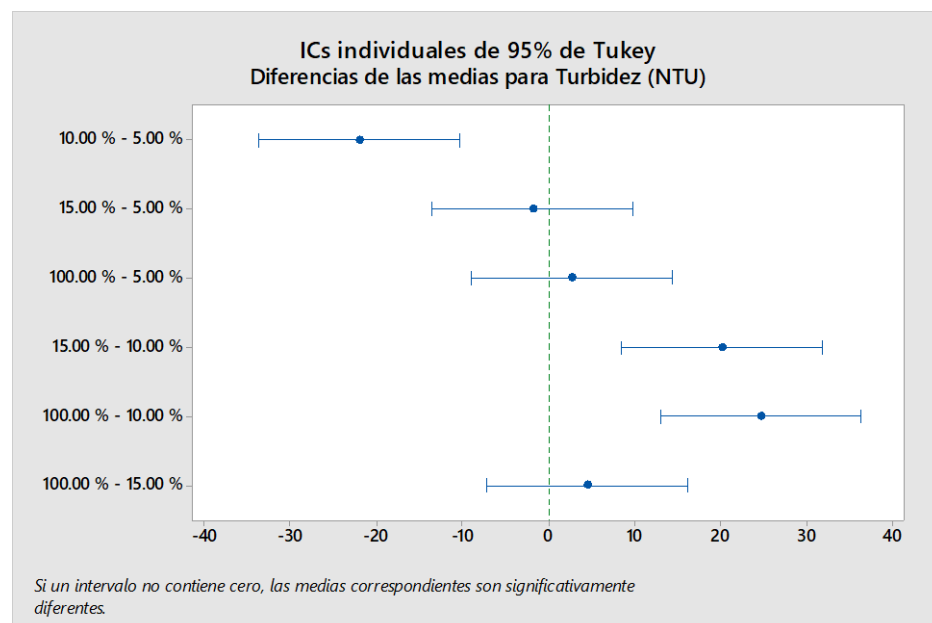


Figura 4: Gráfica de comparaciones en parejas de Tukey para turbidez (NTU) vs Conc. de floculante

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 10 y la figura 04:

- Las medias de los intervalos de confianza de los pares (100-15, 100-5 y 15-5) incluyen el cero, lo que indica que las diferencias no son estadísticamente significativas, mientras tanto las medias de los intervalos de confianza de los pares (100-10, 15-10 y 10-5) no incluyen el cero, por lo que, las diferencias si son estadísticamente significativas.
- El nivel de confianza simultáneo de 95 % indica que se está 95 % seguro de que todos los intervalos de confianza contienen las diferencias reales.
- La tabla de pruebas simultáneas de Tukey indica que el nivel de confianza individual es 98.96 %. Este valor indica que se está 98.96% seguro de que cada intervalo individual contiene la diferencia real entre un par específico de medias de grupo. Es decir, los niveles de confianza individuales de cada comparación producen el nivel de confianza simultáneo de 95 % para las seis comparaciones.

b. ANOVA de un solo factor: Turbidez (NTU) vs Tiempo de agitación

Tabla 11: Hipótesis estadística de ANOVA para Turbidez (NTU) vs Tiempo de agitación

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12: *Análisis de varianza para Turbidez (NTU) vs Tiempo de agitación*

Fuente	G L	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tiempo de Agitación	1	571.2	571.2	1.61	0.209
Error	62	21961.7	354.2		
Total	63	22532.9			

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 12, no se cuenta con suficiente evidencia para rechazar la hipótesis de que todas las medias son iguales. Debido a que el valor de $p=0.209$ es mayor a $\alpha=0.05$, por ende, se afirma que no existe diferencia significativa entre las medias.

Tabla 13: *Medias para Turbidez (NTU) vs Tiempo de agitación*

Tiempo de Agitación	N	Media	Desv.Est.	IC de 95 %
1	32	101.05	11.54	(94.40; 107.70)
30	32	95.08	23.98	(88.43; 101.73)

Fuente: Elaboración propia

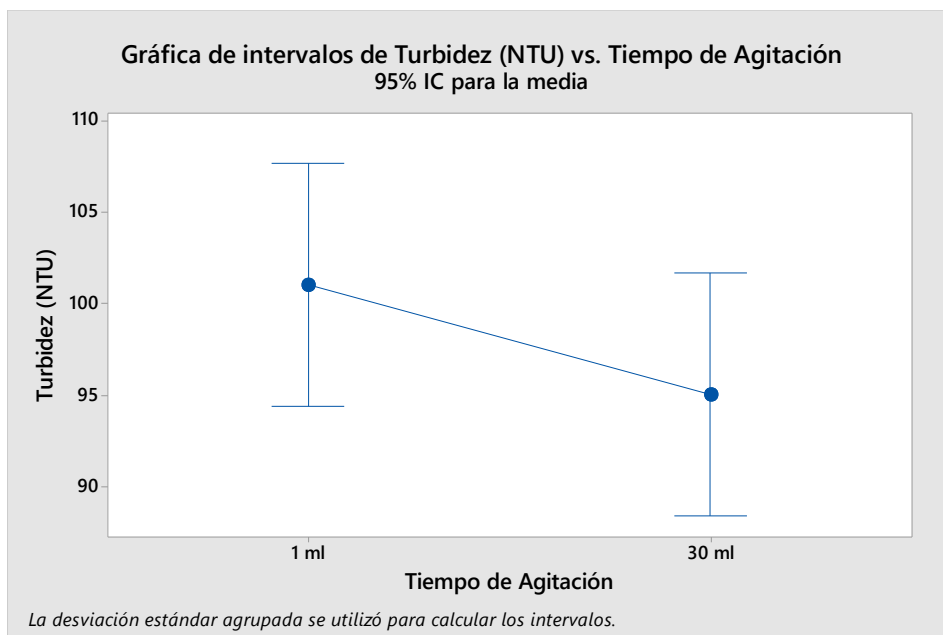


Figura 5: Gráfica de intervalos para Turbidez (NTU) vs Tiempo de agitación

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 13 y la figura 05, a 30 minutos de agitación se tiene la media más baja, por ende, tiene el mayor porcentaje de remoción de turbidez por lo cual se considera como el control de la investigación.

Tabla 14: Comparaciones en parejas de Fisher para Turbidez (NTU) vs Tiempo de agitación

Tiempo de Agitación	N	Media	Agrupación
1	32	101.05	A
30	32	95.08	A

Fuente: Elaboración propia

“Según la tabla 14, comparación en parejas de Fisher para turbidez (NTU) vs tiempo de agitación, indica que no existe diferencia significativa entre las medias debido, a que las dos medias tienen una sola

agrupación representada por “A”. Esto significa que las medias de los dos tiempos de agitación no varían de manera significativa.”

Tabla 15: Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias para Turbidez (NTU) vs Tiempo de agitación

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95 %	Valor T	Valor p ajustado
30 - 1	-5.98	4.71	(-15.38; 3.43)	-1.27	0.209

Nivel de confianza individual = 95.00%

Fuente: Elaboración propia

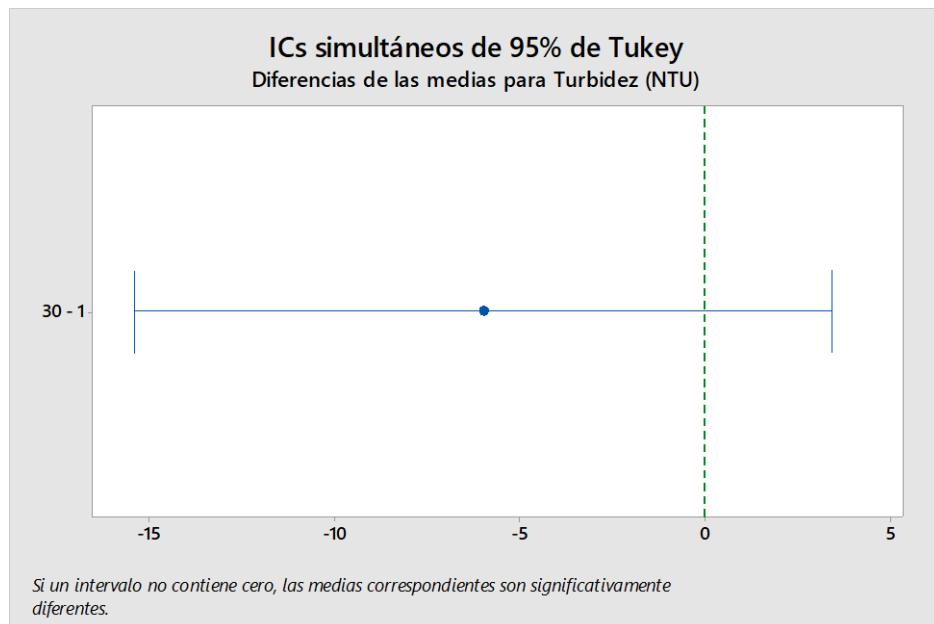


Figura 6: Gráfica de comparaciones en parejas de Tukey para turbidez (NTU) vs volumen de coagulante

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 15 y la figura 06:

- Todos los intervalos de confianza de los pares de medias incluyen el cero, lo que indica que las diferencias no son estadísticamente significativas.
- El nivel de confianza simultáneo e individual es de 95 % lo que indica que se está 95 % seguro de que todos los intervalos de confianza contienen las diferencias reales.

4.1.1.1.2. Segundo lote de pruebas en laboratorio

Una vez definido la concentración óptima (10 %) y el tiempo óptimo de agitación (30 min) para el floculante ALOE VERA, ahora se procedió a realizar el segundo lote de pruebas con las que se busca determinar; a) el volumen óptimo de floculante aloe vera, b) el mejor RPM y c) el tiempo óptimo de sedimentación para el agua del Río Chico del distrito de San Silvestre de Cochán, provincia de San Miguel, región Cajamarca. Para lo cual se realizó las siguientes pruebas.

La muestra que se utilizó para las pruebas estaba en las siguientes condiciones; pH = 8.03, CE = 70 us/cm y a 12.3 °C de temperatura.

Tabla 16: Resultados del segundo lote de pruebas

N° de prueba	Concentración floculante (%)	Volumen floculante (ml)	RPM	Tiempo de sedimentación			
				0 min	15 min	30 min	45 min
1	10	0.5	20	110	97.8	96.2	94.4
2	10	0.5	100	110	27.1	26.3	24.8
3	10	1	20	110	96.3	94.7	92.7
4	10	1	100	110	27.1	26.1	24.3
5	10	2	20	110	98.3	96.5	93.8
6	10	2	100	110	28.2	27.2	25.6
7	10	3	20	110	102.0	101.0	100.8
8	10	3	100	110	35.1	34.3	32.8

Fuente: Elaboración propia

4.1.1.1.2.1. Análisis estadístico respecto al factor de turbidez según el segundo lote de pruebas del floculante “ALOE VERA”

a. ANOVA de un solo factor: Turbidez (NTU) vs Volumen de floculante (ml)

Tabla 17: Hipótesis estadística de ANOVA para Turbidez (NTU) vs Vol. de floculante (ml)

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18: *Análisis de varianza para Turbidez (NTU) vs Vol. de floculante (ml)*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Vol. Floculante	3	156.0	52.01	0.03	0.991
Error	28	41952.3	1498.30		
Total	31	42108.3			

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 18, no se cuenta con suficiente evidencia para rechazar la hipótesis de que todas las medias son iguales. Debido a que el valor de $p=0.991$ es mayor a $\alpha=0.05$, por ende, se afirma que no existe diferencia significativa entre las medias.

Tabla 19: *Medias para Turbidez (NTU) vs Vol. de floculante (ml)*

Vol. Floculante	N	Media	Desv.Est.	IC de 95 %
0.5 ml	8	73.3	39.6	(45.3; 101.4)
1.0 ml	8	72.6	39.3	(44.6; 100.7)
2.0 ml	8	73.7	39.1	(45.7; 101.7)
3.0 ml	8	78.2	36.8	(50.2; 106.3)

Fuente: Elaboración propia

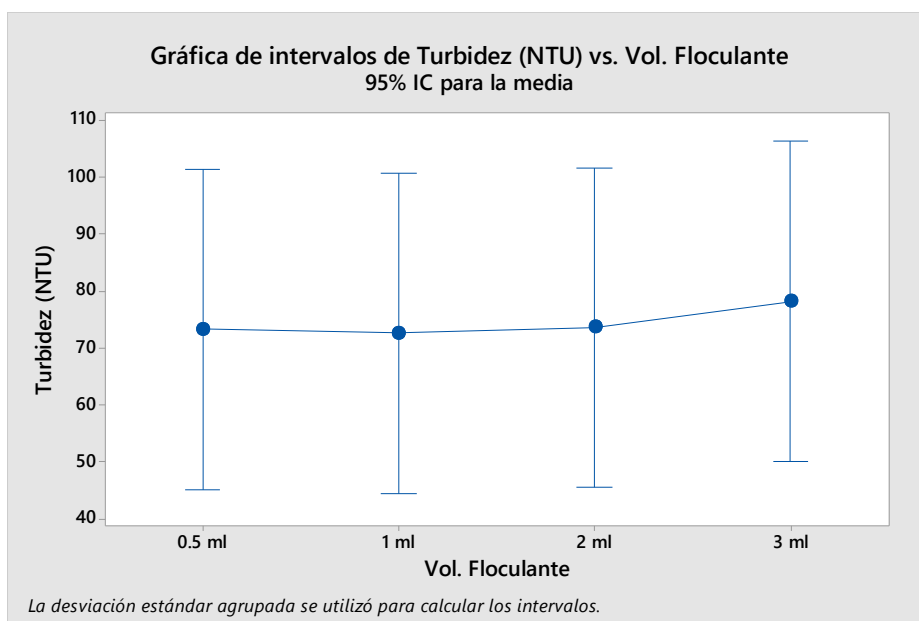


Figura 7: Gráfica de intervalos para turbidez (NTU) vs Vol. de floculante (ml)

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 19 y la figura 07, el volumen de 1ml de floculante tiene la media más baja y el volumen de 3 ml tiene la media más alta, por ende, el volumen de 1ml de floculante tiene el mayor porcentaje de remoción de turbidez por lo cual se considera como el control de la investigación.

Tabla 20: Comparaciones en parejas de Fisher para Turbidez (NTU) vs Vol. de floculante (ml)

Vol. Floculante	N	Media	Agrupación
0.5ml	8	78.2	A
1.0ml	8	73.7	A
2.0ml	8	73.3	A
3.0ml	8	72.6	A

Fuente: Elaboración propia

“Según la tabla 20, comparación en parejas de Fisher para turbidez (NTU) vs volumen de floculante al 10 %, indica que no existe diferencia significativa entre las medias debido, a que las cuatro medias tienen una sola agrupación representada por “A”. Esto significa que las medias de los cuatro volúmenes no varían de manera significativa.”

Tabla 21: *Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias para Turbidez (NTU) vs Vol. de floculante (ml)*

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95 %	Valor T	Valor p ajustado
1 ml - 0.5 ml	-0.7	19.4	(-53.5; 52.2)	-0.03	1.000
2 ml - 0.5 ml	0.4	19.4	(-52.5; 53.2)	0.02	1.000
3 ml - 0.5 ml	4.9	19.4	(-47.9; 57.8)	0.25	0.994
2 ml – 1 ml	1.1	19.4	(-51.8; 53.9)	0.05	1.000
3 ml – 1 ml	5.6	19.4	(-47.2; 58.4)	0.29	0.991
3 ml – 2 ml	4.5	19.4	(-48.3; 57.4)	0.24	0.995

Nivel de confianza individual = 98.92 %

Fuente: Elaboración propia

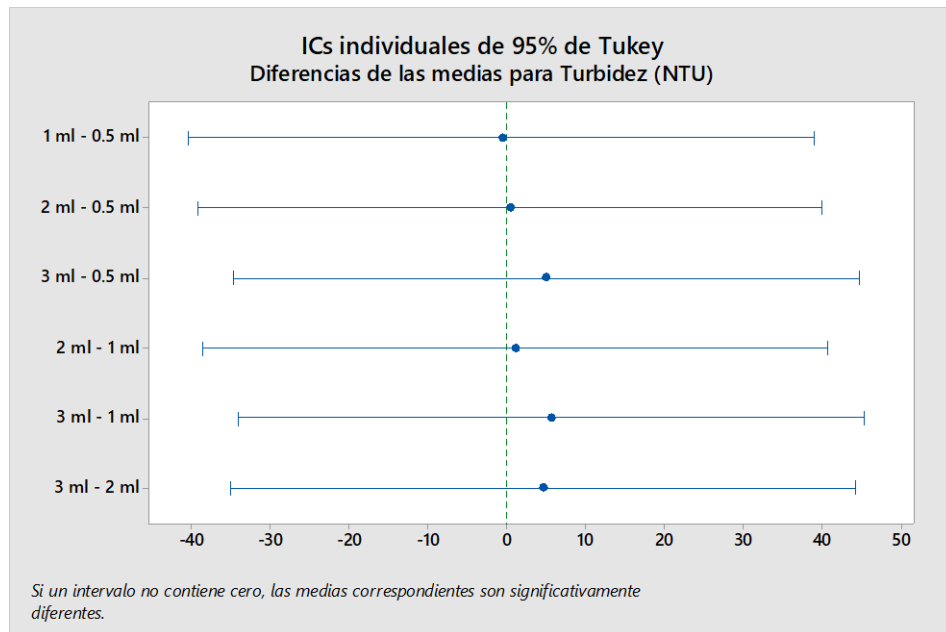


Figura 8: Gráfica de comparaciones en parejas de Tukey para turbidez (NTU) vs Vol. de floculante (ml)

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 21 y la figura 08:

- Todos los intervalos de confianza de los pares de las medias incluyen el cero, lo que indica que las diferencias no son estadísticamente significativas.
- El nivel de confianza simultáneo de 95 % indica que se está 95 % seguro de que todos los intervalos de confianza contienen las diferencias reales.
- La tabla de pruebas simultáneas de Tukey indica que el nivel de confianza individual es 98.92 %. Este valor indica que se está 98.92 % seguro de que cada intervalo individual contiene la diferencia real entre un par específico de medias de grupo.

Es decir, los niveles de confianza individuales de cada comparación producen el nivel de confianza simultáneo de 95 % para las seis comparaciones.

b. ANOVA de un solo factor: Turbidez (NTU) vs RPM

Tabla 22: *Hipótesis estadística de ANOVA para Turbidez (NTU) vs RPM*

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23: *Análisis de varianza para Turbidez (NTU) vs RPM*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
RPM	1	21300	21300.5	30.71	0.000
Error	30	20808	693.6		
Total	31	42108			

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 23, se rechaza la hipótesis nula debido a que el valor $p= 0.000$ es menor que el nivel de significancia de $\alpha= 0.05$, por ende, se concluye que no todas las medias de las diferentes concentraciones de floculante son iguales.

Tabla 24: Medias para Turbidez (NTU) vs RPM

RPM	N	Media	Desv.Est.	IC de 95 %
20	16	100.28	6.34	(86.83; 113.73)
100	16	48.68	36.70	(35.23; 62.13)

Fuente: Elaboración propia

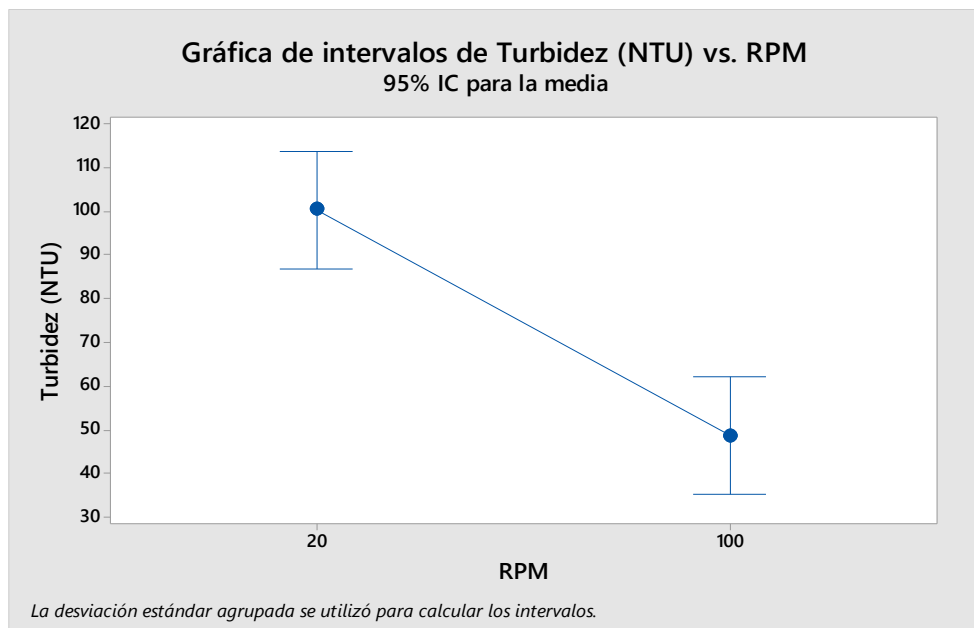


Figura 9: Gráfica de intervalos para Turbidez (NTU) vs RPM

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 20 y la figura 07, a 100 revoluciones por minuto se tiene la media más baja, por ende, tiene el mayor porcentaje de remoción de turbidez por lo cual se considera como el control de la investigación.

Tabla 25: Comparaciones en parejas de Fisher para Turbidez (NTU) vs RPM

RPM	N	Media	Agrupación
20	16	100.28	A
100	16	48.68	B

Fuente: Elaboración propia

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes, en la tabla 25, el grupo A contiene la media de 20 revoluciones por minuto y el grupo B contiene la media de 100 revoluciones por minuto, por lo tanto, las medias del grupo A y del grupo B son significativamente diferentes, por lo que para este tipo de agua se tiene que trabajar a 100 RPM.

Tabla 26: Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias para Turbidez (NTU) vs RPM

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95 %	Valor T	Valor p ajustado
100 - 20	-51.60	9.31	(-70.62; -32.58)	-5.54	0.000

Nivel de confianza individual = 95.00 %

Fuente: Elaboración propia

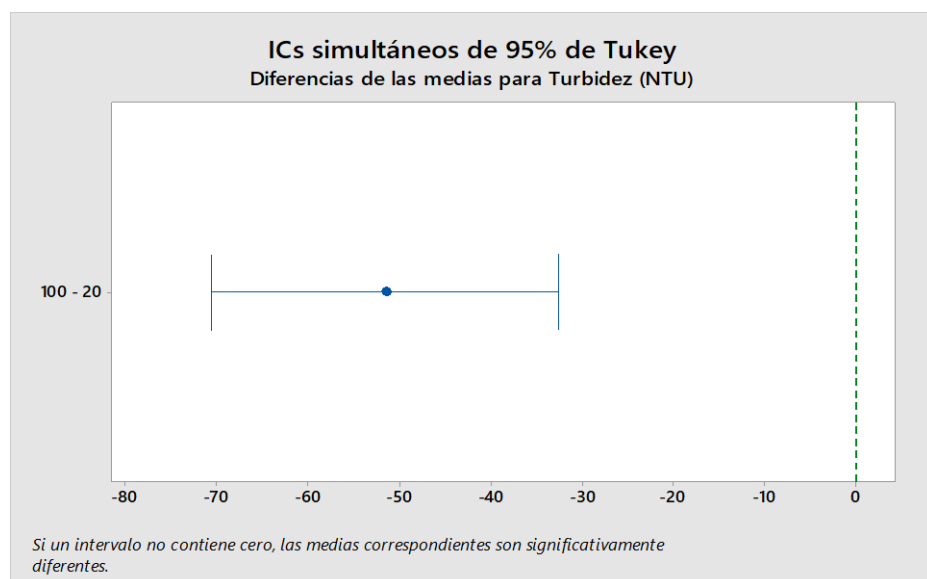


Figura 10: Gráfica de comparaciones en parejas de Tukey para turbidez (NTU) vs RPM

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 26 y la figura 10:

- Todos los intervalos de confianza de los pares de medias no incluyen el cero, lo que indica que las diferencias si son estadísticamente significativas.
- El nivel de confianza simultáneo e individual es de 95 % lo que indica que se está 95 % seguro de que todos los intervalos de confianza contienen las diferencias reales.

c. ANOVA de un solo factor: Turbidez (NTU) vs Tiempo de sedimentación

Tabla 27: *Hipótesis estadística de ANOVA para Turbidez (NTU) vs Tiempo de sedimentación (min)*

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28: *Análisis de varianza para Turbidez vs Tiempo de sedimentación (min)*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tiempo de Sedimentación	3	13489	4496	4.40	0.012
Error	28	28619	1022		
Total	31	42108			

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 28, la hipótesis nula establece que las medias de los valores de turbidez de los 4 tiempos diferentes de sedimentación son iguales. Puesto que el valor $p= 0.012$ es menor que el nivel de significancia de $\alpha= 0.05$, por ende, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que algunos de los tiempos de sedimentación tienen medias diferentes.

Tabla 29: Medias para Turbidez (NTU) vs Tiempo de sedimentación (min)

Tiempo de Sedimentación	N	Media	Desv.Est.	IC de 95 %
0 min	8	110.0	0.0	(86.8; 133.2)
15 min	8	64.0	37.1	(40.8; 87.1)
30 min	8	62.8	36.8	(39.6; 85.9)
45 min	8	61.2	36.8	(38.0; 84.3)

Fuente: Elaboración propia

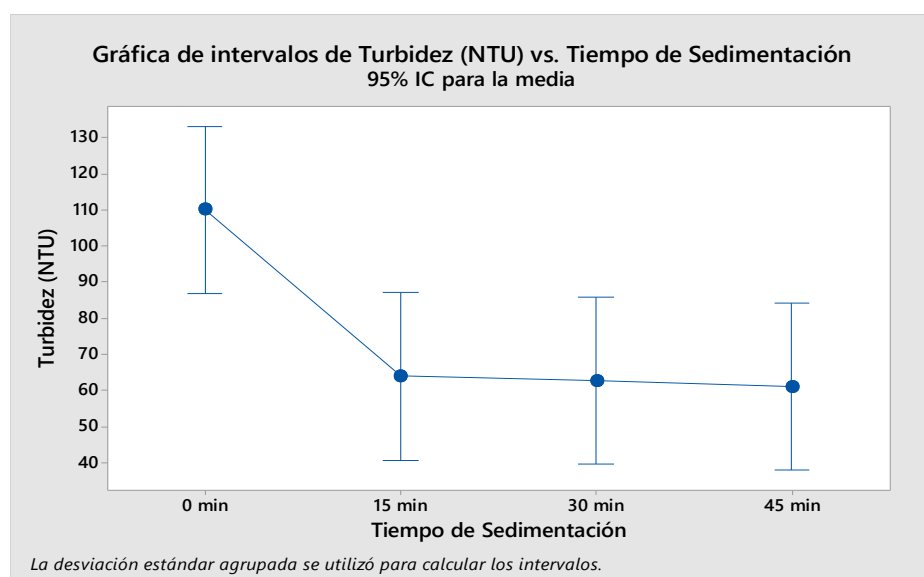


Figura 11: Gráfica de intervalos para turbidez (NTU) vs Tiempo de sedimentación (min)

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 29 y la figura 11, a 45 minutos de sedimentación se tiene la media más baja, mientras que la turbidez inicial (0 min) es la que tiene la media más alta, también se puede notar que a 15 y a 30 minutos de sedimentación, la turbidez baja considerablemente teniendo las medias muy parecida a la de 45 min, por ende, a 45 minutos de sedimentación tenemos el mayor porcentaje de remoción de turbidez por lo cual se considera como el control de la investigación.

Tabla 30: Comparaciones en parejas de Fisher para Turbidez (NTU) vs Tiempo de sedimentación (min)

Conc. Floculante	N	Media	Agrupación
0 min	8	110.0	A
15 min	8	64.0	B
30 min	8	62.8	B
45 min	8	61.2	B

Fuente: Elaboración propia

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes, en la tabla 30, el grupo A contiene la media de 0 minutos de sedimentación es decir la turbidez inicial y el grupo B contiene las medias de 15, 30 y 45 minutos de sedimentación, por lo tanto, las medias del grupo A y del grupo B son significativamente diferentes.

Tabla 31: Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias para Turbidez (NTU) vs Tiempo de sedimentación (min)

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95 %	Valor T	Valor p ajustado
15 min – 0 min	-46.0	16.0	(-89.6; -2.4)	-2.88	0.036
30 min – 0 min	-47.2	16.0	(-90.8; -3.6)	-2.95	0.030
45 min – 0 min	-48.8	16.0	(-92.5; -5.2)	-3.06	0.024
30 min – 15 min	-1.2	16.0	(-44.8; 42.4)	-0.08	1.000
45 min – 15 min	-2.8	16.0	(-46.5; 40.8)	-0.18	0.998
45 min – 30 min	-1.6	16.0	(-45.3; 42.0)	-0.10	1.000

Nivel de confianza individual = 98.92 %

Fuente: Elaboración propia

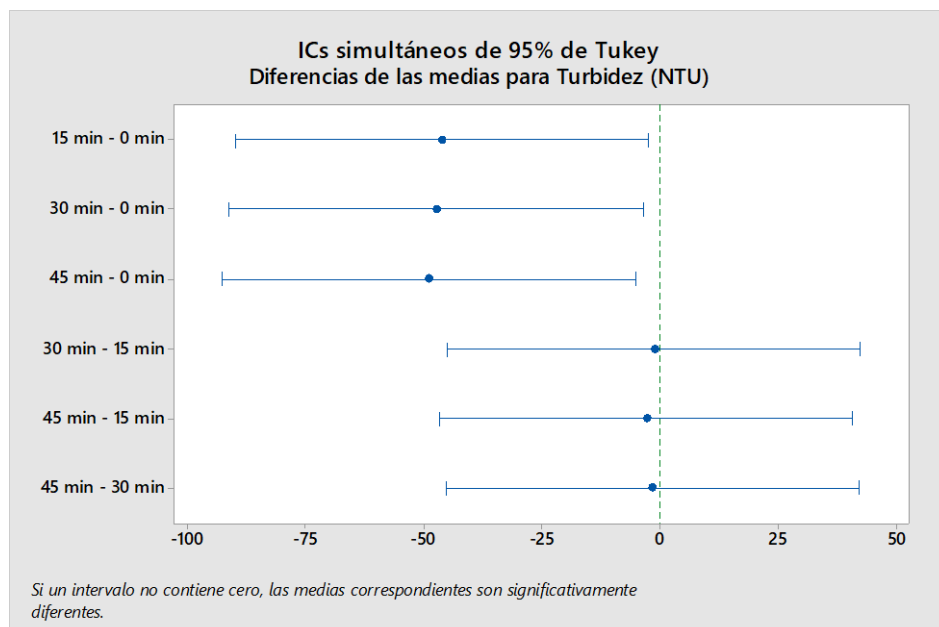


Figura 12: Gráfica de comparaciones en parejas de Tukey para turbidez (NTU) vs Tiempo de sedimentación (min)

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 31 y la figura 12:

- Las medias de los intervalos de confianza de los pares (45-30, 45-15 y 30-15) incluyen el cero, lo que indica que las diferencias no son estadísticamente significativas, mientras tanto las medias de los intervalos de confianza de los pares (45-0, 30-0 y 15-0) no incluyen el cero, por lo que, las diferencias si son estadísticamente significativas.
- El nivel de confianza simultáneo de 95 % indica que se está 95 % seguro de que todos los intervalos de confianza contienen las diferencias reales.
- La tabla de pruebas simultáneas de Tukey indica que el nivel de confianza individual es 98.92 %. Este valor indica que se está 98.92 % seguro de que cada intervalo individual contiene la diferencia real entre un par específico de medias de grupo. Es decir, los niveles de confianza individuales de cada comparación producen el nivel de confianza simultáneo de 95 % para las seis comparaciones.

4.1.2. Resultados respecto al floculante “CITRUS RETICULATA”

4.1.2.1. Primer lote de pruebas en laboratorio

Con esta serie de pruebas se quiere definir; a) la mejor concentración del floculante CITRUS RETICULATA, b) el mejor tiempo de agitación. Para lo cual todas las pruebas se realizaron a un mismo volumen de floculante Citrus Reticulata (1 ml).

La muestra que se utilizó para las pruebas estaba en las siguientes condiciones; pH = 8.03, CE = 70 us/cm y a 12.3 °C de temperatura.

Tabla 32: Pruebas de laboratorio
RESULTADOS DE TURBIDEZ (NTU) A DIFERENTES TIEMPOS DE
SEDIMENTACIÓN

N° de prueba	Concentración Flocculante (%)	RPM	Tiempo agitación (min)	Tiempo de sedimentación			
				0 min	15 min	30 min	45 min
01	2	20	1	110	121.0	115.0	101.0
02	2	20	30	110	92.1	95.3	96.2
03	2	100	1	110	108.0	107.0	107.6
04	2	100	30	110	99.4	100.0	102.6
05	3	20	1.0	110	94.9	95.6	95.9
06	3	20	30.0	110	94.7	92.5	93.6
07	3	100	1.0	110	101.0	123.0	128.0
08	3	100	30.0	110	99.1	92.6	92.1
09	4	20	1.0	110	101.0	100.2	101.4
10	4	20	30.0	110	102.0	98.3	97.9
11	4	100	30.0	110	106.0	105.2	107.0
12	4	100	1.0	110	122.0	118.0	119.6

Fuente: Elaboración propia

4.1.2.1.1. Análisis estadístico respecto al factor de turbidez según el primer lote de pruebas del floculante “CITRUS RETICULATA”

a. ANOVA de un solo factor: Turbidez (NTU) vs Concentración de floculante (ml)

Tabla 33: *Hipótesis estadística de ANOVA para Turbidez (NTU) vs Conc. de floculante*

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34: *Análisis de varianza para Turbidez vs Conc. de floculante*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Conc. Floculante	2	179.4	89.71	1.11	0.338
Error	45	3633.4	80.74		
Total	47	3812.8			

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 34, no se cuenta con suficiente evidencia para rechazar la hipótesis de que todas las medias son iguales. Debido a que el valor de $p = 0.338$ es mayor a $\alpha = 0.05$, por ende, se afirma que no existe diferencia significativa entre las medias.

Tabla 35: Medias para Turbidez (NTU) vs Conc. de floculante

Conc. Floculante	N	Media	Desv.Est.	IC de 95 %
2.00 %	16	105.32	7.70	(100.80; 109.85)
3.00 %	16	102.69	11.27	(98.16; 107.21)
4.00 %	16	107.41	7.48	(102.89; 111.94)

Fuente: Elaboración propia

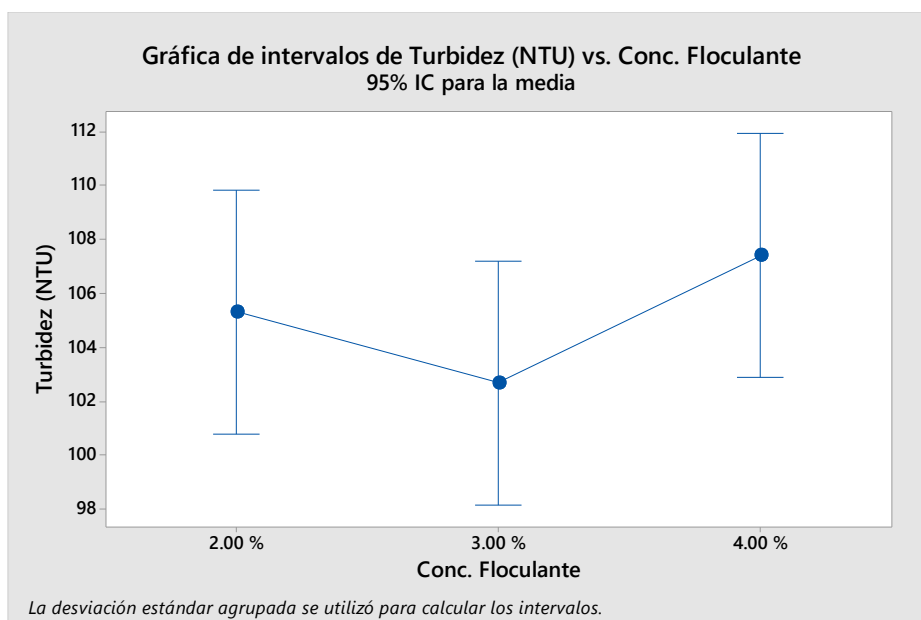


Figura 13: Gráfica de intervalos para turbidez (NTU) vs Conc. de floculante

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 35 y la figura 13, la concentración de floculante al 3 % tiene la media más baja y la concentración de floculante al 4 % tiene la media más alta, por ende, la concentración de floculante al 3 % tiene el mayor porcentaje de remoción de turbidez por lo cual se considera como el control de la investigación.

Tabla 36: Comparaciones en parejas de Fisher para Turbidez (NTU) vs Conc. de floculante

Conc. Floculante	N	Media	Agrupación
4.00 %	16	107.41	A
2.00 %	16	105.32	A
3.00 %	16	102.69	A

Fuente: Elaboración propia

“Según la tabla 36, comparación en parejas de Fisher para turbidez (NTU) vs concentración de floculante Citrus Reticulata, indica que no existe diferencia significativa entre las medias debido, a que las cuatro medias tienen una sola agrupación representada por “A”. Esto significa que las medias de las tres concentraciones no varían de manera significativa.”

Tabla 37: Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias para Turbidez (NTU) vs Conc. de floculante

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95 %	Valor T	Valor p ajustado
3.00 % - 2.00 %	-2.64	3.18	(-10.34; 5.07)	-0.83	0.686
4.00 % - 2.00 %	2.09	3.18	(-5.62; 9.79)	0.66	0.789
4.00 % - 3.00 %	4.73	3.18	(-2.98; 12.43)	1.49	0.307

Nivel de confianza individual = 98.06 %

Fuente: Elaboración propia

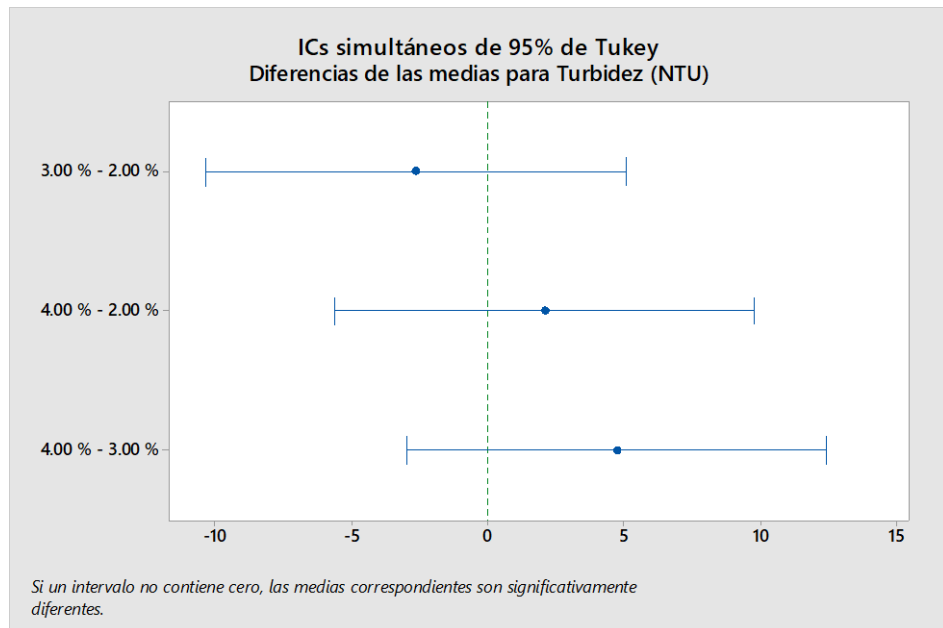


Figura 14: Gráfica de comparaciones en parejas de Tukey para turbidez (NTU) vs Conc. de floculante
Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 37 y la figura 14:

- Todos los intervalos de confianza de los pares de las medias incluyen el cero, lo que indica que las diferencias no son estadísticamente significativas.
- El nivel de confianza simultáneo de 95 % indica que se está 95 % seguro de que todos los intervalos de confianza contienen las diferencias reales.
- La tabla de pruebas simultáneas de Tukey indica que el nivel de confianza individual es 98.06 %. Este valor indica que se está 98.06 % seguro de que cada intervalo individual contiene la diferencia real entre un par específico de medias de grupo. Es decir, los niveles de confianza individuales de cada comparación producen el nivel de confianza simultáneo de

95 % para las tres comparaciones.

b. ANOVA de un solo factor: Turbidez (NTU) vs Tiempo de agitación

Tabla 38: Hipótesis estadística de ANOVA para Turbidez (NTU) vs Tiempo de agitación

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39: Análisis de varianza para Turbidez (NTU) vs Tiempo de agitación

Fuente	G	SC	MC	Valor	Valor
	L	Ajust.	Ajust.	F	p
Tiempo de Agitación	1	705.7	705.66	10.45	0.002
Error	46	3107.2	67.55		
Total	47	3812.8			

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 39, la hipótesis nula establece que las medias de los valores de turbidez de las 3 concentraciones de floculante Citrus Reticulata son iguales. Puesto que el valor $p= 0.002$ es menor que el nivel de significancia de $\alpha= 0.05$, por ende, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que algunas concentraciones tienen medias diferentes.

Tabla 40: Medias para Turbidez (NTU) vs Tiempo de agitación

Tiempo de Agitación	N	Media	Desv.Est.	IC de 95 %
1min	23	109.14	9.51	(105.69; 112.59)
30min	25	101.46	6.83	(98.16; 104.77)

Fuente: Elaboración propia

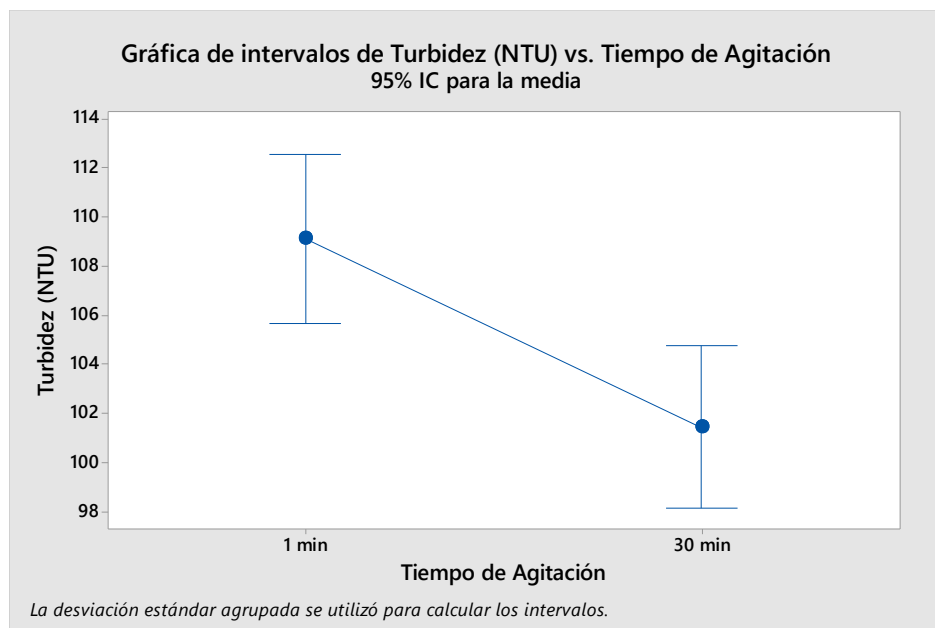


Figura 15: Gráfica de intervalos para Turbidez (NTU) vs Tiempo de agitación

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 40 y la figura 15, a 30 minutos de agitación se tiene la media más baja, por ende, tiene el mayor porcentaje de remoción de turbidez por lo cual se considera como el control de la investigación, los resultados obtenidos arrojan que el mejor tiempo de agitación es 30 minutos al igual que las pruebas de floculante aloe vera también necesitaban el mismo tiempo de agitación.

Tabla 41: Comparaciones en parejas de Fisher para Turbidez (NTU) vs Tiempo de agitación

Tiempo de Agitación	N	Media	Agrupación
1 min	23	109.14	A
30 min	25	101.46	B

Fuente: Elaboración propia

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes, en la tabla 41, el grupo A contiene la media de 1 minutos de agitación y el grupo B contiene la media de 30 minutos de agitación, por lo tanto, las medias del grupo A y del grupo B son significativamente diferentes. Para este caso la mejor media es la de 30 minutos.

Tabla 42: Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias para Turbidez (NTU) vs Tiempo de agitación

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95 %	Valor T	Valor p ajustado
30 min – 1 min	-7.68	2.37	(-12.45; -2.90)	-3.23	0.002

Nivel de confianza individual = 95.00%

Fuente: Elaboración propia

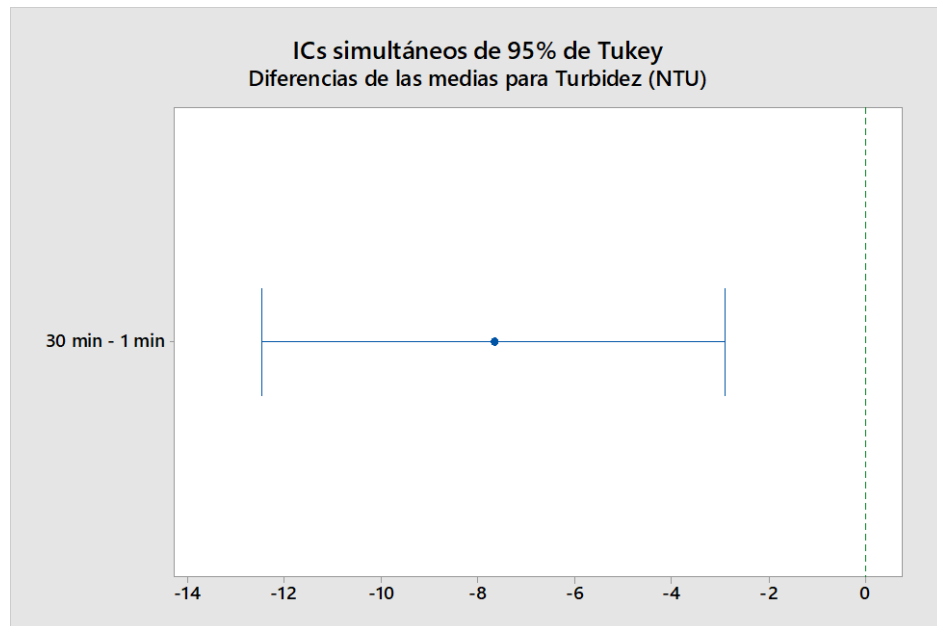


Figura 16: Gráfica de comparaciones en parejas de Tukey para turbidez (NTU) vs volumen de coagulante
Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 42 y la figura 16:

- El intervalo de confianza de los pares (30 – 1 min) de las medias no incluyen el cero, lo que indica que la diferencia estadísticamente si es significativa entre estos pares.
- El nivel de confianza simultáneo e individual es de 95 % lo que indica que se está 95 % seguro de que todos los intervalos de confianza contienen las diferencias reales.

4.1.2.2. Segundo lote de pruebas en laboratorio

Según la estadística realizada mediante ANOVA por medio de medias se define que la concentración óptima es al (3 %) y el tiempo óptimo de agitación es a (30 min) para el floculante CITRUS RETICULATA, una vez definido esto se procedió a realizar el segundo lote de pruebas con las que se busca determinar; a) el volumen óptimo de floculante Citrus Reticulata, b) el mejor RPM y c) el tiempo óptimo de sedimentación para el agua del río Chico del distrito de San Silvestre de Cochán, provincia de San Miguel, región Cajamarca. Para lo cual se realizó las siguientes pruebas.

Tabla 43: Resultados del segundo lote de pruebas
RESULTADOS DE TURBIDEZ (NTU) A DIFERENTES TIEMPOS DE SEDIMENTACIÓN

N° de prueba	Concentración floculante (%)	Volumen floculante (ml)	RPM	Tiempo de sedimentación			
				0 min	15 min	30 min	45 min
1	10	0.5	20	110	100.3	98.6	99.4
2	10	0.5	100	110	104.2	100.3	105.6
3	10	1	20	110	94.9	96.3	96.6
4	10	1	100	110	100.9	122	127.6
5	10	2	20	110	111.2	107.4	100.2
6	10	2	100	110	117.8	114.5	109.3
7	10	3	20	110	118.5	109.8	100.6
8	10	3	100	110	129.4	118.5	107.4

Fuente: Elaboración propia

4.1.2.2.1. Análisis estadístico respecto al factor de turbidez según el segundo lote de pruebas del floculante “CITRUS RETICULATA”

a. ANOVA de un solo factor: Turbidez (NTU) vs Volumen de floculante (ml)

Tabla 44: Hipótesis estadística de ANOVA para Turbidez (NTU) vs Vol. de floculante (ml)

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 45: Análisis de varianza para Turbidez (NTU) vs Vol. de floculante (ml)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Vol. Floculante	3	390.8	130.26	1.87	0.158
Error	28	1952.3	69.72		
Total	31	2343.1			

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 45, no se cuenta con suficiente evidencia para rechazar la hipótesis de que todas las medias son iguales debido a que el valor de $p= 0.158$ es mayor a $\alpha= 0.05$, por ende, se afirma que no existe diferencia significativa entre las medias.

Tabla 46: Medias para Turbidez (NTU) vs Vol. de floculante (ml)

Vol. Floculante	N	Media	Desv.Est.	IC de 95 %
0.5 ml	8	103.55	4.64	(97.50; 109.60)
1 ml	8	107.29	12.38	(101.24; 113.33)
2 ml	8	110.05	5.15	(104.00; 116.10)
3 ml	8	113.02	8.81	(106.98; 119.07)

Fuente: Elaboración propia

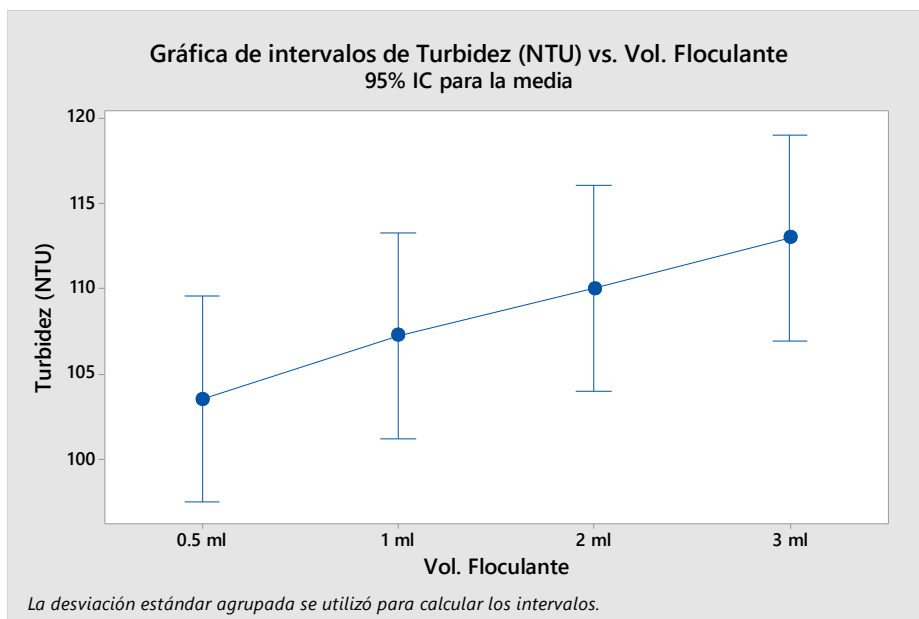


Figura 17: Gráfica de intervalos para turbidez (NTU) vs Vol. de floculante (ml)

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 46 y la figura 17, el volumen de 05ml de floculante tiene la media más baja y el volumen de 3ml tiene la media más alta, por ende, el volumen de 1ml de floculante tiene el mayor porcentaje de remoción de turbidez por lo cual se considera como el control de la

investigación, sin embargo, se puede tonar que este tipo de floculante tiene un promedio muy bajo de remoción de turbidez.

Tabla 47: Comparaciones en parejas de Fisher para Turbidez (NTU) vs Vol. de floculante (ml)

Vol. Floculante	N	Media	Agrupación	
3 ml	8	113.02	A	
2 ml	8	110.05	A	B
1 ml	8	107.29	A	B
0.5 ml	8	103.55	B	

Fuente: Elaboración propia

“Según la tabla 47, muestra que el grupo A contiene a los volúmenes de 1, 2 y 3 ml y el grupo B contiene los volúmenes 1, 2 y 0.5 ml. Los volúmenes de 1 y 2 ml están en ambos grupos, por ende, las diferencias entre las medias que comparten una letra no son estadísticamente significativas. Mientras que los volúmenes de 0.5 y 3 ml no comparten una letra, lo que indica que el volumen de 3ml posee una media significativamente mayor que el volumen de 0.5 ml.”

Tabla 48: Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias para Turbidez (NTU) vs Vol. de floculante (ml)

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95 %	Valor T	Valor p ajustado
1 ml - 0.5 ml	3.74	4.18	(-7.66; 15.13)	0.90	0.807
2 ml - 0.5 ml	6.50	4.18	(-4.90; 17.90)	1.56	0.419
3 ml - 0.5 ml	9.47	4.18	(-1.92; 20.87)	2.27	0.130
2 ml - 1 ml	2.76	4.18	(-8.63; 14.16)	0.66	0.911
3 ml - 1 ml	5.74	4.18	(-5.66; 17.13)	1.37	0.525
3 ml - 2 ml	2.98	4.18	(-8.42; 14.37)	0.71	0.891

Nivel de confianza individual = 98.92 %

Fuente: Elaboración propia

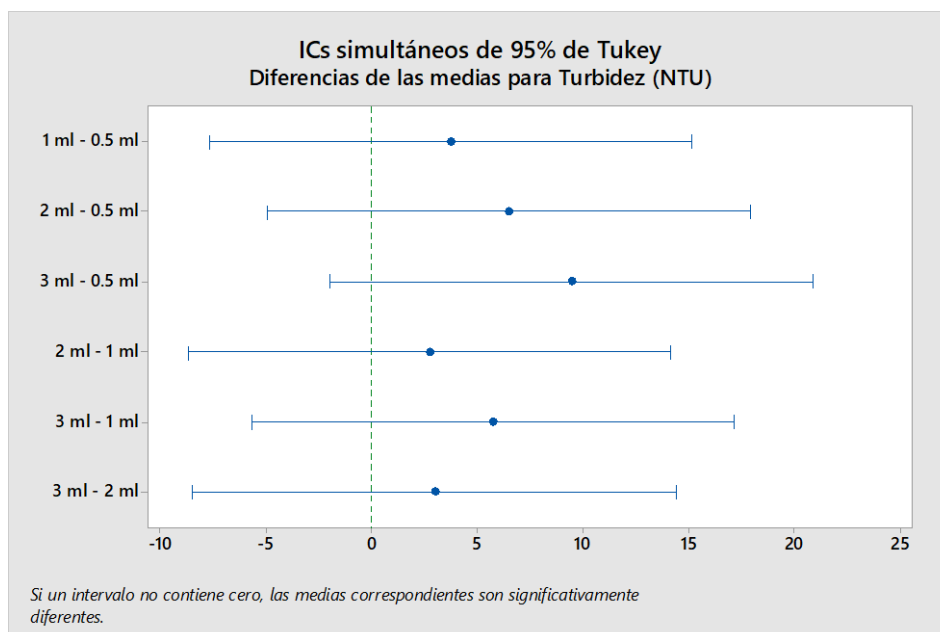


Figura 18: Gráfica de comparaciones en parejas de Tukey para turbidez (NTU) vs Vol. de floculante (ml)

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 48 y la figura 18:

- Todos los intervalos de confianza de los pares de las medias incluyen el cero, lo que indica que las diferencias no son estadísticamente significativas.
- El nivel de confianza simultáneo de 95 % indica que se está 95 % seguro de que todos los intervalos de confianza contienen las diferencias reales.
- La tabla de pruebas simultáneas de Tukey indica que el nivel de confianza individual es 98.92 %. Este valor indica que se está 98.92 % seguro de que cada intervalo individual contiene la diferencia real entre un par específico de medias de grupo. Es decir, los niveles de confianza individuales de cada comparación producen el nivel de confianza simultáneo de 95 % para las seis comparaciones.

b. ANOVA de un solo factor: Turbidez (NTU) vs RPM

Tabla 49: *Hipótesis estadística de ANOVA para Turbidez (NTU) vs RPM*

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 50: *Análisis de varianza para Turbidez (NTU) vs RPM*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
RPM	1	478.2	478.18	7.69	0.009
Error	30	1864.9	62.16		
Total	31	2343.1			

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 50, se rechaza la hipótesis nula debido a que el valor $p=0.009$ es menor que el nivel de significancia de $\alpha=0.05$, por ende, se concluye que no todas las medias de las diferentes concentraciones de floculante son iguales.

Tabla 51: *Medias para Turbidez (NTU) vs RPM*

RPM	N	Media	Desv. Est.	IC de 95 %
20	16	104.61	6.99	(100.59; 108.64)
100	16	112.34	8.69	(108.32; 116.37)

Fuente: Elaboración propia

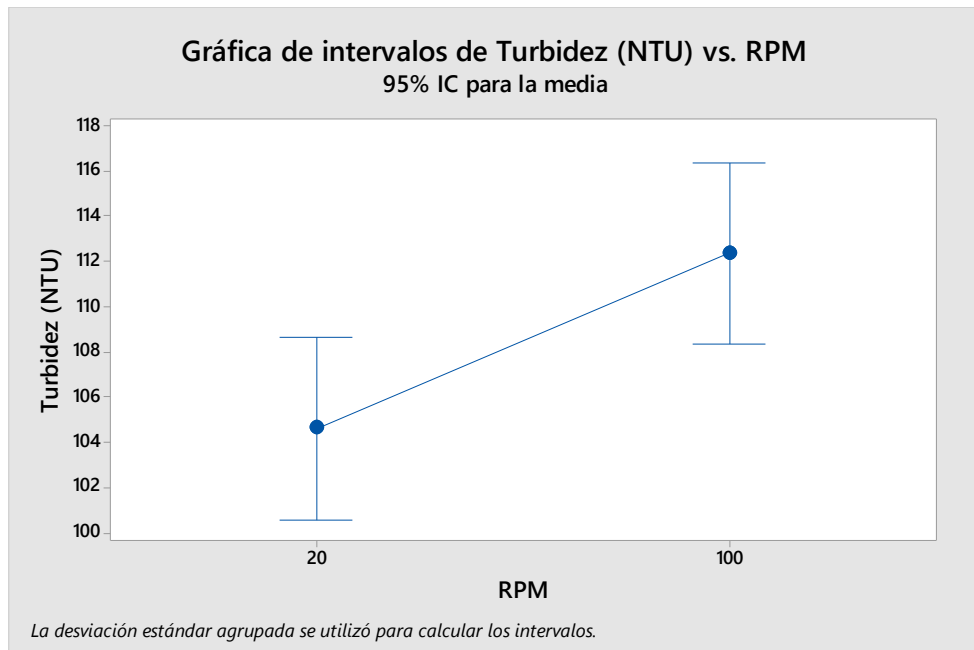


Figura 19: Gráfica de intervalos para Turbidez (NTU) vs RPM
Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 51 y la figura 19, a 20 revoluciones por minuto se tiene la media más baja, por ende, tiene el mayor porcentaje de remoción de turbidez por lo cual se considera como el control de la investigación, sin embargo, este tipo de floculante tiene un porcentaje muy bajo de remoción de turbidez.

Tabla 52: Comparaciones en parejas de Fisher para Turbidez (NTU) vs RPM

RPM	N	Media	Agrupación
20	16	112.34	A
100	16	104.61	B

Fuente: Elaboración propia

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes, en la tabla 52, el grupo A contiene la media de 20 revoluciones por minuto y el grupo B contiene la media de 100 revoluciones por minuto, por lo tanto, las medias del grupo A y del grupo B son significativamente diferentes, por lo que para este tipo de floculante se tiene que trabajar a 20 RPM.

Tabla 53: Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias para Turbidez (NTU) vs RPM

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95 %	Valor T	Valor p ajustado
100 - 20	7.73	2.79	(2.04; 13.42)	2.77	0.009

Nivel de confianza individual = 95.00 %

Fuente: Elaboración propia

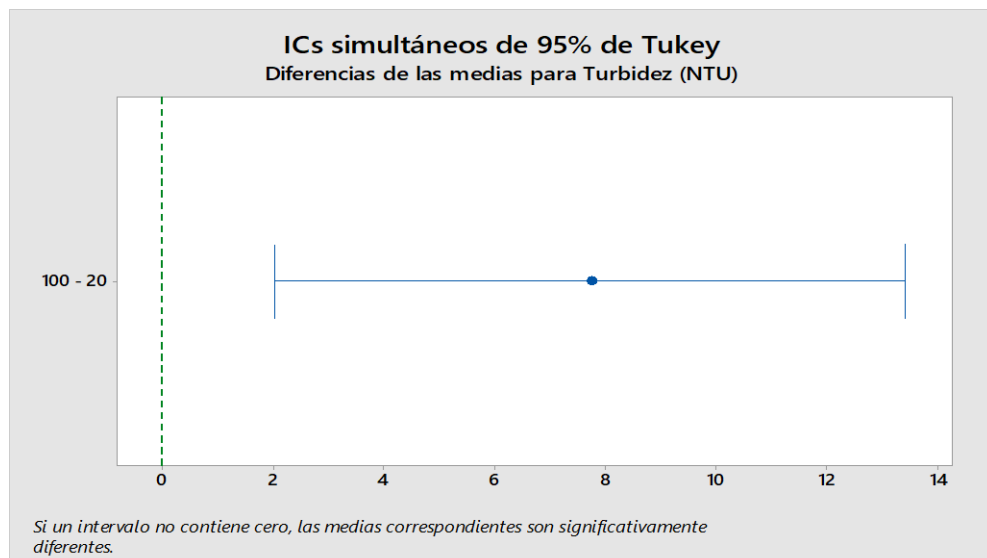


Figura 20: Gráfica de comparaciones en parejas de Tukey para turbidez (NTU) vs RPM

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 53 y la figura 20:

- Todos los intervalos de confianza de los pares de medias no incluyen el cero, lo que indica que las diferencias si son estadísticamente significativas.
- El nivel de confianza simultáneo e individual es de 95 % lo que indica que se está 95 % seguro de que todos los intervalos de confianza contienen las diferencias reales.

c. ANOVA de un solo factor: Turbidez (NTU) vs Tiempo de sedimentación

Tabla 54: *Hipótesis estadística de ANOVA para Turbidez (NTU) vs Tiempo de sedimentación (min)*

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 55: *Análisis de varianza para Turbidez vs Tiempo de sedimentación (min)*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tiempo de Sedimentación	3	85.32	28.44	0.35	0.787
Error	28	2257.73	80.63		
Total	31	2343.05			

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 55, no se cuenta con suficiente evidencia para rechazar la hipótesis de que todas las medias son iguales. Debido a que el valor de $p=0.787$ es mayor a $\alpha=0.05$, por ende, se afirma que no existe diferencia significativa entre las medias.

Tabla 56: Medias para Turbidez (NTU) vs Tiempo de sedimentación (min)

Tiempo de Sedimentación	N	Media	Desv.Est.	IC de 95 %
0 min	8	110.0	0.0	(103.5; 116.5)
15 min	8	109.65	11.64	(103.15; 116.15)
30 min	8	108.43	9.53	(101.92; 114.93)
45 min	8	105.84	9.81	(99.33; 112.34)

Fuente: Elaboración propia

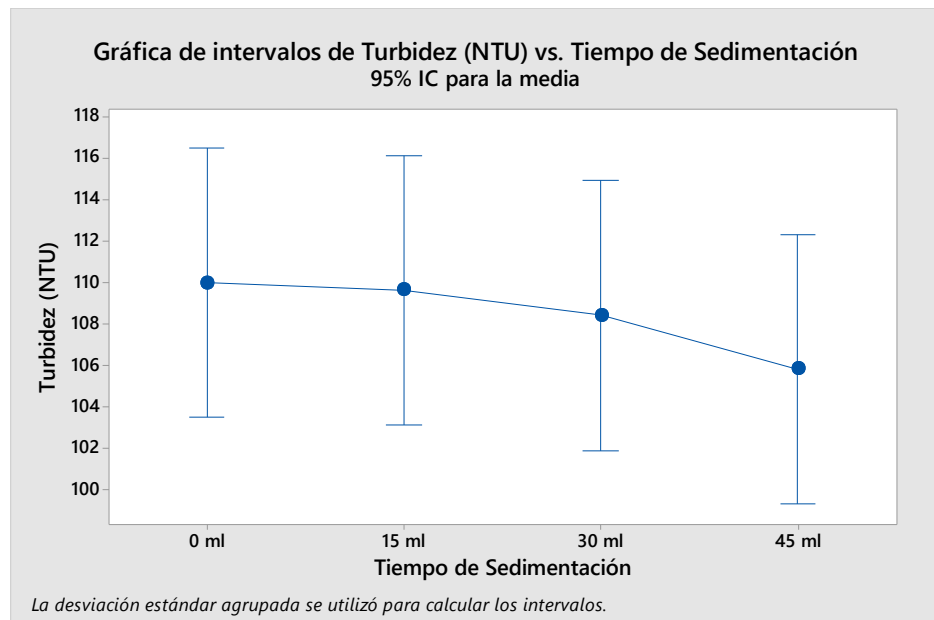


Figura 21: Gráfica de intervalos para turbidez (NTU) vs Tiempo de sedimentación (min)

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 56 y la figura 21, a 45 minutos de sedimentación se tiene la media más baja, mientras que la turbidez inicial (0 min) es la que tiene la media más alta, también se puede notar que a 15 y a 30 minutos de sedimentación, la turbidez baja considerablemente teniendo las medias muy parecida a la de 45 min, por ende, a 45 minutos de sedimentación tenemos el mayor porcentaje de remoción de turbidez por lo cual se considera como el control de la investigación.

Tabla 57: Comparaciones en parejas de Fisher para Turbidez (NTU) vs Tiempo de sedimentación (min)

Conc. Floculante	N	Media	Agrupación
0 min	8	110.0	A
15 min	8	109.65	A
30 min	8	108.43	A
45 min	8	105.84	A

Fuente: Elaboración propia

“Según la tabla 57, comparación en parejas de Fisher para turbidez (NTU) vs tiempo de sedimentación, indica que no existe diferencia significativa entre las medias debido, a que las cuatro medias tienen una sola agrupación representada por “A”. Esto significa que las medias de los cuatro tiempos de sedimentación no varían de manera significativa.”

Tabla 58: Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias para Turbidez (NTU) vs Tiempo de sedimentación (min)

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95 %	Valor T	Valor p ajustado
15 min – 0 min	-0.35	4.49	(-12.60; 11.90)	-0.08	1.000
30 min – 0 min	-1.58	4.49	(-13.83; 10.68)	-0.35	0.985
45 min – 0 min	-4.16	4.49	(-16.42; 8.09)	-0.93	0.791
30 min – 15 min	-1.22	4.49	(-13.48; 11.03)	-0.27	0.993
45 min – 15 min	-3.81	4.49	(-16.07; 8.44)	-0.85	0.831
45 min – 30 min	-2.59	4.49	(-14.84; 9.67)	-0.58	0.938

Nivel de confianza individual = 98.92 %

Fuente: Elaboración propia

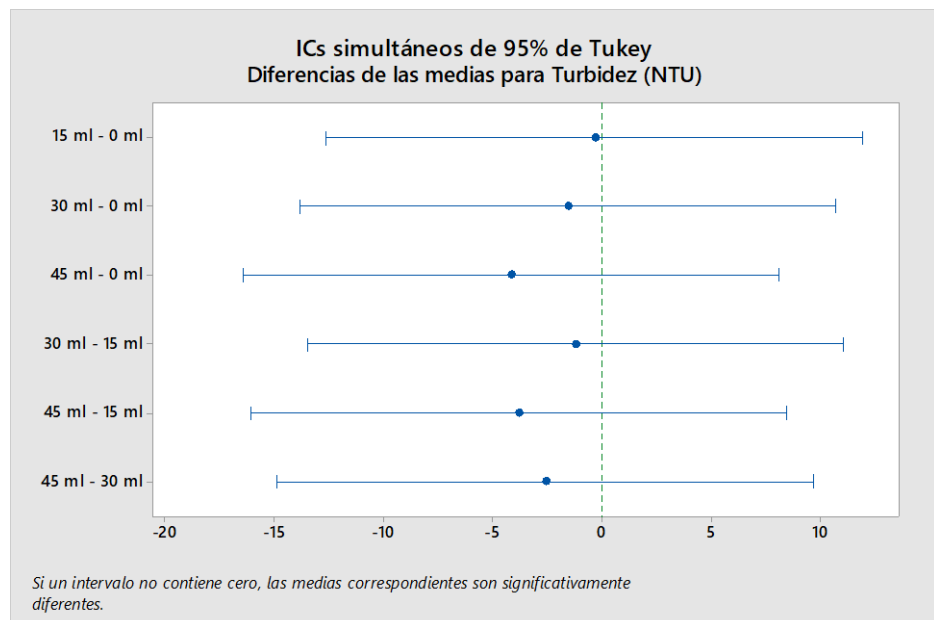


Figura 22: Gráfica de comparaciones en parejas de Tukey para turbidez (NTU) vs Tiempo de sedimentación (min)

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 58 y la figura 22:

- Todos los intervalos de confianza de los pares de las medias incluyen el cero, lo que indica que la diferencia no es estadísticamente significativa.
- El nivel de confianza simultáneo de 95 % indica que se está 95 % seguro de que todos los intervalos de confianza contienen las diferencias reales.
- La tabla de pruebas simultáneas de Tukey indica que el nivel de confianza individual es 98.92 %. Este valor indica que se está 98.92 % seguro de que cada intervalo individual contiene la diferencia real entre un par específico de medias de grupo. Es decir, los niveles de confianza individuales de cada comparación producen el nivel de confianza simultáneo de 95 % para las seis comparaciones.

4.1.3. Resultados respecto a la mezcla de floculante “ALOE VERA Y CITRUS RETICULATA”

4.1.3.1. Resultados de pruebas de laboratorio

Una vez definido las concentraciones óptimas de cada tipo de floculante ALOE VERA y CITRUS RETICULATA (10 % y 3 %) respectivamente, ahora se procedió a realizar las pruebas con las siguientes mezclas:

MEZCLA A = 0.25 de Aloe Vera y 0.75 de Citrus Reticulata.

MEZCLA B = 0.5 de Aloe Vera y 0.5 de Citrus Reticulata.

MEZCLA C = 0.75 de Aloe Vera y 0.25 de Citrus Reticulata.

Con esta serie de pruebas se va a definir; a) la mejor mezcla de floculante, b) el mejor tiempo de agitación, c) el mejor RPM y d) el tiempo óptimo de sedimentación. Para lo cual todas las mezclas se realizaron en base a un 1 ml.

La muestra que se utilizó para las pruebas estaba en las siguientes condiciones; pH = 8.03, CE = 70 us/cm y a 12.3 °C de temperatura.

Tabla 59: Pruebas de laboratorio

RESULTADOS DE TURBIDEZ (NTU) A DIFERENTES TIEMPOS DE SEDIMENTACIÓN

N° de prueba	Tipo de Floculante	Concentración Floculante (%)	Volumen Floculante (ml)	MEZCLA	RPM	Tiempo agitación (min)	DATOS FINALES Turbidez (NTU)			
							0 min	15 min	30 min	45 min
	Aleo	10	0.25							
01	citrus	3	0.75	A	20	1	110	105	98.6	98.5
	Aleo	10	0.25							
02	citrus	3	0.75	A	20	30	110	97.3	96.9	99.8
	Aleo	10	0.25							
03	citrus	3	0.75	A	100	1	110	66.0	70.2	73.3
	Aleo	10	0.25							
04	citrus	3	0.75	A	100	30	110	35.0	37.6	37.6
	Aleo	10	0.5							
07	citrus	3	0.5	B	20	1	110	105	105	103
	Aleo	10	0.5							
08	citrus	3	0.5	B	20	30	110	91.3	96.9	96.3
	Aleo	10	0.5							
09	citrus	3	0.5	B	100	1	110	76.6	69.2	78.2
	Aleo	10	0.5							
10	citrus	3	0.5	B	100	30	110	32.5	31.4	32.6
	Aleo	10	0.75							
13	citrus	3	0.25	C	20	1	110	108	98.6	92.8
	Aleo	10	0.75							
14	citrus	3	0.25	C	20	30	110	88.4	85.3	81.5
	Aleo	10	0.75							

15	citrus	3	0.25	C	100	1	110	65.0	72.1	71.8
	Aleo	10	0.75							
16	citrus	3	0.25	C	100	30	110	34.1	33.4	34.4

Fuente: Elaboración propia

4.1.3.1.1. Análisis estadístico respecto al factor de turbidez según los resultados de las mezclas A, B y C de floculante.

a. ANOVA de un solo factor: Turbidez (NTU) vs Mezcla de floculante

Tabla 60: Hipótesis estadística de ANOVA para Turbidez (NTU) vs Mezcla

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 61: Análisis de varianza para Turbidez vs Mezcla

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
MEZCLA	2	110.7	55.33	0.07	0.933
Error	45	35829.4	796.21		
Total	47	35940.1			

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 61, no se cuenta con suficiente evidencia para rechazar la hipótesis de que todas las medias son iguales. Debido a que el valor de $p = 0.993$ es mayor a $\alpha = 0.05$, por ende, se afirma que no existe diferencia significativa entre las medias.

Tabla 62: Medias para Turbidez (NTU) vs Mezcla

MEZCLA	N	Media	Desv.Est.	IC de 95 %
A	16	84.74	27.67	(70.53; 98.95)
B	16	84.88	29.07	(70.67; 99.08)
C	16	81.59	27.89	(67.38; 95.80)

Fuente: Elaboración propia

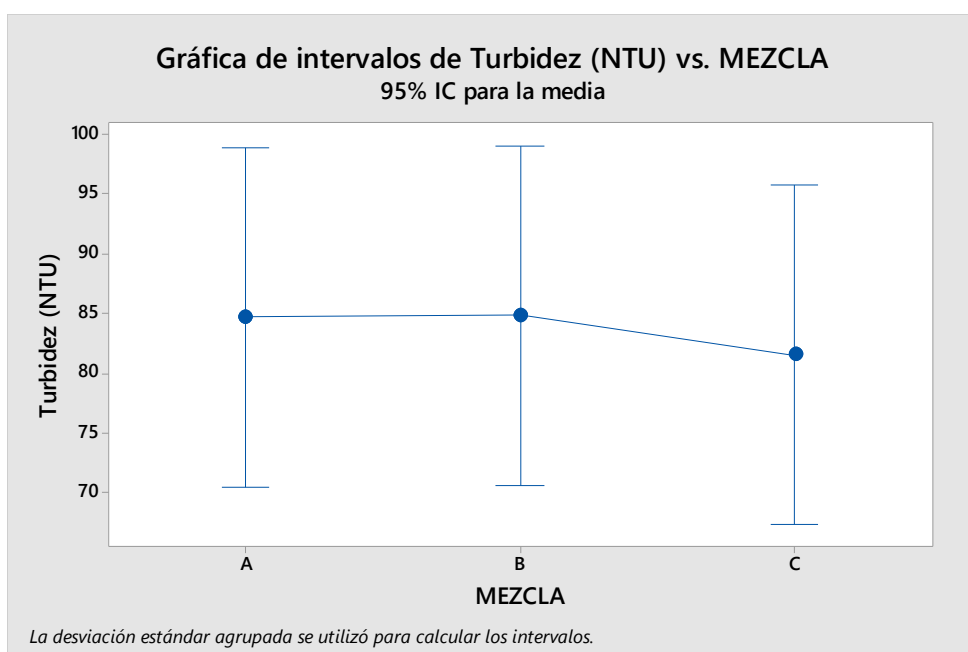


Figura 23: Gráfica de intervalos para turbidez (NTU) vs Mezcla
Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 62 y la figura 23, la mezcla “C” de floculante tiene la media más baja es decir 0.75 de Aloe Vera y 0.25 de Citrus Reticulata, mientras que la mezcla “B” de floculante tiene la media más alta, por ende, la mezcla “C” tiene el mayor porcentaje de remoción de turbidez por lo cual se considera como el control de la investigación.

Tabla 63: Comparaciones en parejas de Fisher para Turbidez (NTU) vs Mezcla

MEZCLA	N	Media	Agrupación
B	16	84.88	A
A	16	84.74	A
C	16	81.59	A

Fuente: Elaboración propia

“Según la tabla 63, comparación en parejas de Fisher para turbidez (NTU) vs mezcla de floculante, indica que no existe diferencia significativa entre las medias debido, a que las tres medias tienen una sola agrupación representada por “A”. Esto significa que las medias de las tres mezclas no varían de manera significativa.”

Tabla 64: Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias para Turbidez (NTU) vs Mezcla

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95 %	Valor T	Valor p ajustado
B - A	0.14	9.98	(-24.06; 24.33)	0.01	1.000
C - A	-3.15	9.98	(-27.35; 21.05)	-0.32	0.947
C - B	-3.29	9.98	(-27.48; 20.91)	-0.33	0.942

Nivel de confianza individual = 98.06 %

Fuente: Elaboración propia

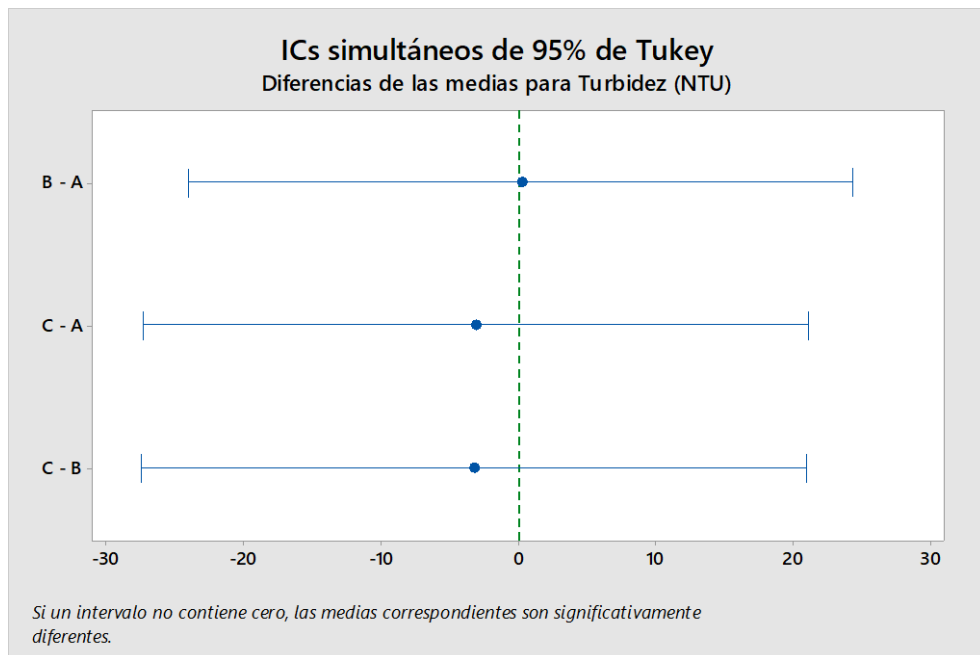


Figura 24: Gráfica de comparaciones en parejas de Tukey para turbidez (NTU) vs Mezcla

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 64 y la figura 24:

- Todos los intervalos de confianza de los pares de las medias incluyen el cero, lo que indica que la diferencia no es estadísticamente significativa.
- El nivel de confianza simultáneo de 95 % indica que se está 95 % seguro de que todos los intervalos de confianza contienen las diferencias reales.
- La tabla de pruebas simultáneas de Tukey indica que el nivel de confianza individual es 98.06 %. Este valor indica que se está 98.06 % seguro de que cada intervalo individual contiene la diferencia real entre un par específico de medias de grupo.

Es decir, los niveles de confianza individuales de cada comparación producen el nivel de confianza simultáneo de 95 % para las tres comparaciones.

b. ANOVA de un solo factor: Turbidez (NTU) vs Tiempo de agitación

Tabla 65: *Hipótesis estadística de ANOVA para Turbidez (NTU) vs Tiempo de agitación*

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 66: *Análisis de varianza para Turbidez (NTU) vs Tiempo de agitación*

Fuente	G L	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tiempo de Agitación	1	3581	3581.1	5.09	0.029
Error	46	32359	703.5		
Total	47	35940			

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 66, se rechaza la hipótesis nula debido a que el valor $p = 0.029$ es menor que el nivel de significancia de $\alpha = 0.05$, por ende, se concluye que no todas las medias de los diferentes tiempos de agitación son iguales.

Tabla 67: Medias para Turbidez (NTU) vs Tiempo de agitación

Tiempo de Agitación	N	Media	Desv.Est.	IC de 95 %
1 min	24	92.37	17.37	(81.47; 103.27)
30 min	24	75.10	33.25	(64.20; 85.99)

Fuente: Elaboración propia

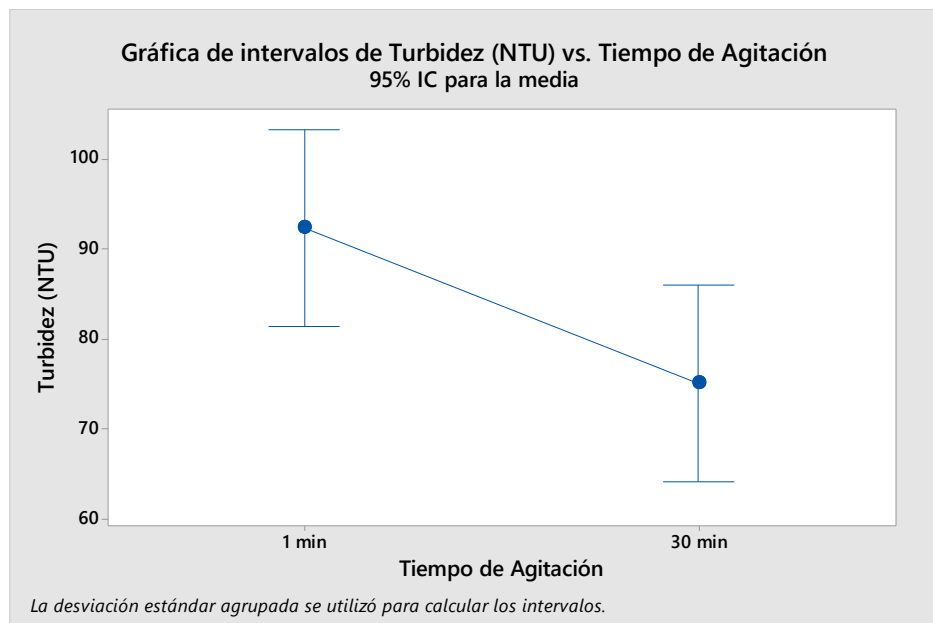


Figura 25: Gráfica de intervalos para Turbidez (NTU) vs Tiempo de agitación

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 67 y la figura 25, a 30 minutos de agitación se tiene la media más baja, por ende, tiene el mayor porcentaje de remoción de turbidez por lo cual se considera como el control de la investigación.

c. ANOVA de un solo factor: Turbidez (NTU) vs RPM

Tabla 68: *Hipótesis estadística de ANOVA para Turbidez (NTU) vs RPM*

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 69: *Análisis de varianza para Turbidez (NTU) vs RPM*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
RPM	1	13240	13240.2	26.83	0.000
Error	46	22700	493.5		
Total	47	35940			

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 69, se rechaza la hipótesis nula debido a que el valor $p = 0.000$ es menor que el nivel de significancia de $\alpha = 0.05$, por ende, se concluye que no todas las medias de las diferentes concentraciones de floculante son iguales.

Tabla 70: *Medias para Turbidez (NTU) vs RPM*

RPM	N	Media	Desv.Est.	IC de 95 %
20	24	100.34	8.37	(91.21; 109.47)
100	24	67.13	30.28	(58.00; 76.25)

Fuente: Elaboración propia

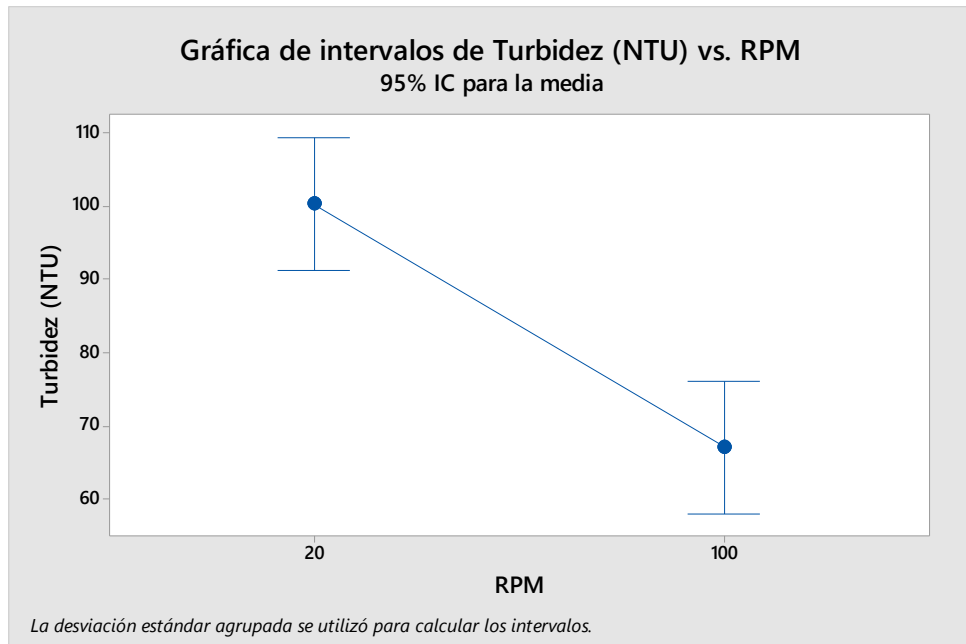


Figura 26: Gráfica de intervalos para Turbidez (NTU) vs RPM
Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 70 y la figura 26, a 100 revoluciones por minuto se tiene la media más baja, por ende, tiene el mayor porcentaje de remoción de turbidez por lo cual se considera como el control de la investigación.

d. ANOVA de un solo factor: Turbidez (NTU) vs Tiempo de sedimentación

Tabla 71: Hipótesis estadística de ANOVA para Turbidez (NTU) vs Tiempo de sedimentación (min)

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 72: *Análisis de varianza para Turbidez vs Tiempo de sedimentación (min)*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tiempo de Sedimentación	3	11042	3680.8	6.50	0.001
Error	44	24898	565.9		
Total	47	35940			

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 72, la hipótesis nula establece que las medias de los valores de turbidez de los 4 tiempos diferentes de sedimentación son iguales. Puesto que el valor $p= 0.001$ es menor que el nivel de significancia de $\alpha= 0.05$, por ende, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que algunos de los tiempos de sedimentación tienen medias diferentes.

Tabla 73: *Medias para Turbidez (NTU) vs Tiempo de sedimentación (min)*

Tiempo de Sedimentación	N	Media	Desv.Est.	IC de 95 %
0 min	12	110.0	0.0	(96.2; 123.8)
15 min	12	75.35	28.75	(61.51; 89.19)
30 min	12	74.60	27.26	(60.76; 88.44)
45 min	12	74.98	26.34	(61.14; 88.82)

Fuente: Elaboración propia

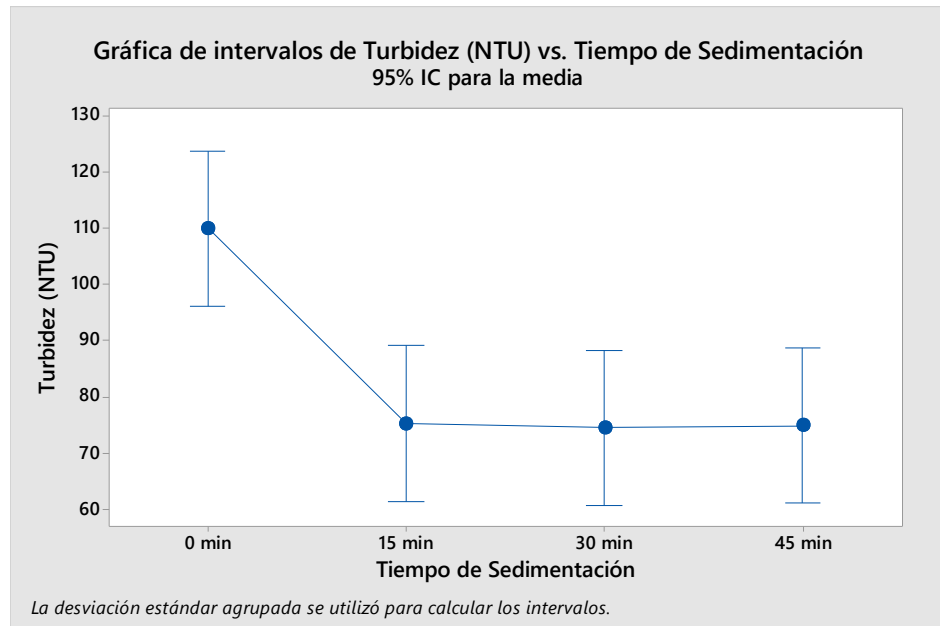


Figura 27: Gráfica de intervalos para turbidez (NTU) vs Tiempo de sedimentación (min)

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 73 y la figura 27, a 30 minutos de sedimentación se tiene la media más baja, mientras que la turbidez inicial (0 min) es la que tiene la media más alta, también se puede notar que a 15 y a 45 minutos de sedimentación, la turbidez baja considerablemente teniendo las medias muy parecida a la de 30 min, por ende, a 30 minutos de sedimentación tenemos el mayor porcentaje de remoción de turbidez por lo cual se considera como el control de la investigación.

Tabla 74: Comparaciones en parejas de Fisher para Turbidez (NTU) vs Tiempo de sedimentación (min)

Conc. Floculante	N	Media	Agrupación
0 min	12	110.0	A
15 min	12	75.35	B
30 min	12	74.98	B
45 min	12	74.60	B

Fuente: Elaboración propia

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes, en la tabla 74, el grupo A contiene la media de 0 minutos de sedimentación es decir la turbidez inicial y el grupo B contiene las medias de 15, 30 y 45 minutos de sedimentación, por lo tanto, las medias del grupo A y del grupo B son significativamente diferentes.

Tabla 75: Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias para Turbidez (NTU) vs Tiempo de sedimentación (min)

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95 %	Valor T	Valor p ajustado
15 min – 0 min	-34.65	9.71	(-60.61; -8.69)	-3.57	0.005
30 min – 0 min	-35.40	9.71	(-61.36; -9.44)	-3.65	0.004
45 min – 0 min	-35.02	9.71	(-60.97; -9.06)	-3.61	0.004
30 min – 15 min	-0.75	9.71	(-26.71; 25.21)	-0.08	1.000
45 min – 15 min	-0.37	9.71	(-26.32; 25.59)	-0.04	1.000
45 min – 30 min	0.38	9.71	(-25.57; 26.34)	0.04	1.000

Nivel de confianza individual = 98.95 %

Fuente: Elaboración propia

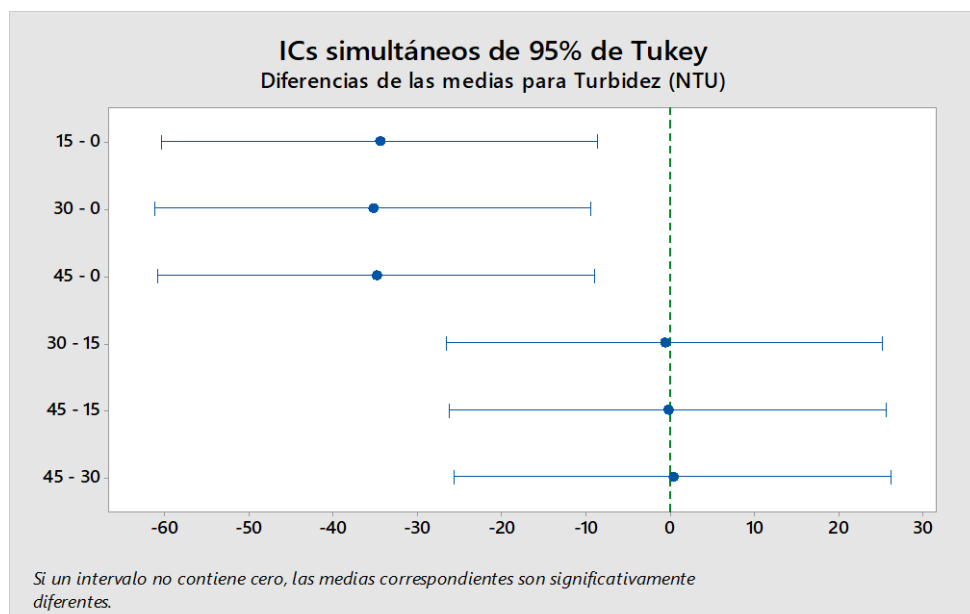


Figura 28: Gráfica de comparaciones en parejas de Tukey para turbidez (NTU) vs Tiempo de sedimentación (min)

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 75 y la figura 28:

- Las medias de los intervalos de confianza de los pares (45-30, 45-15 y 30-15) incluyen el cero, lo que indica que las diferencias no son estadísticamente significativas, mientras tanto las medias de los intervalos de confianza de los pares (45-0, 30-0 y 15-0) no incluyen el cero, por lo que, las diferencias si son estadísticamente significativas.
- El nivel de confianza simultáneo de 95 % indica que se está 95 % seguro de que todos los intervalos de confianza contienen las diferencias reales.
- La tabla de pruebas simultáneas de Tukey indica que el nivel de confianza individual es 98.95 %. Este valor indica que se está 98.95 % seguro de que cada intervalo individual contiene la diferencia real entre un par específico de medias de grupo. Es decir, los niveles de confianza individuales de cada comparación producen el nivel de confianza simultáneo de 95 % para las seis comparaciones.

4.1.4. Comparación de los mejores resultados respecto a los tres tipos de floculante

4.1.4.1. Selección de los mejores resultados de las pruebas de laboratorio

Según el método estadístico por medio de ANOVA de un solo factor, respecto a medias; se tiene que los mejores resultados para cada tipo de floculante se encuentran en las siguientes condiciones:

Para Aloe Vera: Volumen óptimo de floculante 1 ml, a 100 revoluciones por minuto y a 30 minutos de agitación.

Para Citrus Reticulata: Volumen óptimo de floculante 0.5 ml, a 20 revoluciones por minuto y a 30 minutos de agitación.

Para la Mezcla de floculante: Mezcla óptima de floculante “C” es decir con un volumen de 0.75 de Aloe Vera y 0.25 de Citrus Reticulata, a 100 revoluciones por minuto y a 30 minutos de agitación.

Una vez seleccionado los mejores resultados ahora se procedió hacer una comparación de floculantes para definir cuál es el floculante que tiene mayor porcentaje de remoción de turbidez, así mismo también se va analizar el comportamiento de los factores de pH, Conductividad Eléctrica y Temperatura, es decir con qué tipo de floculante estos factores incrementan sus valores respecto a los iniciales.

La muestra que se utilizó para las pruebas se encontraba con las siguientes condiciones; pH = 8.03, CE = 70 us/cm y a 12.3 °C de temperatura.

Tabla 76: Mejores resultados según ANOVA

MEJORES RESULTADOS DE LOS TRES TIPOS DE FLOCULANTE									
Tipo de Floculante	RPM	Conc. Floculante	Tiempo de Agitación	Vol. Floculante	Tiempo de Sedimentación	Turbidez (NTU)	pH - Final	Conductividad Eléctrica - Final	Temperatura (°C) - Final
ALOE VERA	100	10 %	30	1 ml	0 min	110	8.04	75.2	13.7
ALOE VERA	100	10 %	30	1 ml	15 min	27.1	8.09	85.6	13.7
ALOE VERA	100	10 %	30	1 ml	30 min	26.1	8.09	85.7	13.7
ALOE VERA	100	10 %	30	1 ml	45 min	24.3	8.06	85.8	13.7
CITRUS RETICULATA	20	3 %	30	0.5 ml	0 ml	110	8.03	74.8	13.7
CITRUS RETICULATA	20	3 %	30	0.5 ml	15 ml	100.3	8.07	84.8	13.7
CITRUS RETICULATA	20	3 %	30	0.5 ml	30 ml	98.6	8.04	86.2	13.7
CITRUS RETICULATA	20	3 %	30	0.5 ml	45 ml	99.4	8.07	85.7	13.7
MEZCLA	100	10 % - 3 %	30	C	0 ml	110	8.03	72.3	13.7
MEZCLA	100	10 % - 3 %	30	C	15 ml	34.1	8.07	86.9	13.7
MEZCLA	100	10 % - 3 %	30	C	30 ml	33.4	8.06	87.5	13.7
MEZCLA	100	10 % - 3 %	30	C	45 ml	34.4	8.09	85.5	13.7

Fuente: Elaboración propia

4.1.4.1.1. Análisis estadístico respecto al factor de turbidez según los mejores resultados de las pruebas de laboratorio

a. ANOVA de un solo factor: Turbidez (NTU) vs Tipo de floculante

Tabla 77: Hipótesis estadística de ANOVA para Turbidez (NTU) vs Tipo de floculante

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 78: Análisis de varianza para Turbidez vs Tipo de floculante

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tipo de Floculante	2	9769.00	4884.50	4884.50	0.000
Error	6	6.00	1.00		
Total	8	9775.00			

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 78, se rechaza la hipótesis nula debido a que el valor $p = 0.000$ es menor que el nivel de significancia de $\alpha = 0.05$, por ende, se concluye que no todas las medias de los diferentes tipos de floculante son iguales.

Tabla 79: Medias para Turbidez (NTU) vs Tipo de floculante

Tipo de Floculante	N	Media	Desv.Est.	IC de 95 %
ALOE VERA	3	25.833	1.419	(24.421, 27.246)
CITRUS RETICULATA	3	99.433	0.850	(98.021, 100.846)
MEZCLA	3	33.967	0.513	(32.554, 35.379)

Fuente: Elaboración propia

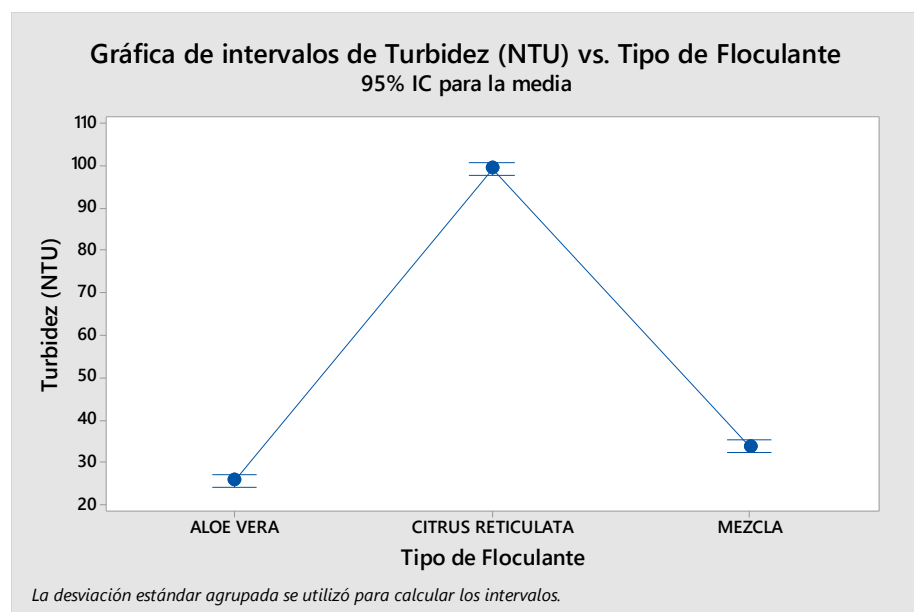


Figura 29: Gráfica de intervalos para turbidez (NTU) vs Tipo de floculante

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 79 y la figura 29, el floculante ALOE VERA tiene la media más baja (25.83), seguido de muy cerca por la MEZCLA (33.96), el floculante CITRUS RETICULATA tiene la media más alta (99.43), por ende, el floculante Aloe vera tiene el mayor porcentaje de remoción de turbidez por lo cual se considera como el control de la investigación, así mismo también cabe mencionar que se podría

considerar la Mezcla porque su media es muy parecida, todo lo contrario pasa con el floculante Citrus Reticulata el cual tiene un porcentaje muy bajo de remoción de turbidez, por lo que este tipo de floculante no es apto para el tratamiento del agua del Rio Chico del distrito de San Silvestre de Cochán provincia de San Miguel, región Cajamarca.

Tabla 80: Comparaciones en parejas de Fisher para Turbidez (NTU) vs Tipo de floculante

Tipo de Floculante	N	Media	Agrupación
CITRUS RETICULATA	3	99.433	A
MEZCLA	3	33.967	B
ALOE VERA	3	25.833	C

Fuente: Elaboración propia

“Según la tabla 80, muestra que cada tipo de floculante está representado por una letra diferentes esto quiere decir que los valores de las medias son significativamente diferentes.

Tabla 81. Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias para Turbidez (NTU) vs Tipo de floculante

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95 %	Valor T	Valor p ajustado
CITRUS RETIC - ALOE VERA	73.600	0.816	(71.094, 76.106)	90.14	0.000
MEZCLA - ALOE VERA	8.133	0.816	(5.628, 10.639)	9.96	0.000
MEZCLA - CITRUS RETIC	-65.467	0.816	(-67.972, -62.961)	-80.18	0.000

Nivel de confianza individual = 97.80%

Fuente: Elaboración propia

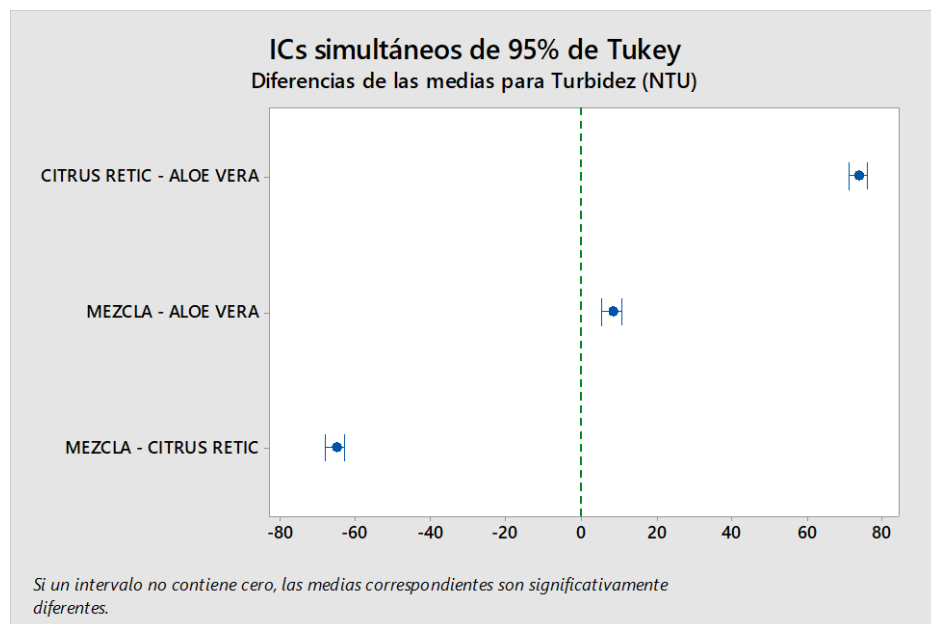


Figura 30: Gráfica de comparaciones en parejas de Tukey para turbidez (NTU) vs Tipo de floculante

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 81 y la figura 30:

- Todos los intervalos de confianza de los pares de las medias incluyen no incluyen el cero, lo que indica que las diferencias son estadísticamente significativas.
- El nivel de confianza simultáneo de 95 % indica que se está 95 % seguro de que todos los intervalos de confianza contienen las diferencias reales.
- La tabla de pruebas simultáneas de Tukey indica que el nivel de confianza individual es 97.80 %. Este valor indica que se está 97.80 % seguro de que cada intervalo individual contiene la diferencia real entre un par específico de medias de grupo. Es decir, los niveles de confianza individuales de cada comparación producen el nivel de confianza simultáneo de 95 % para las tres comparaciones.

4.1.4.1.1.1. Análisis estadístico respecto al factor pH según los mejores resultados de las pruebas de laboratorio

a. ANOVA de un solo factor: Comportamiento del pH vs Tipo de floculante

Tabla 82: *Hipótesis estadística de ANOVA para pH vs Tipo de floculante*

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 83: *Análisis de varianza para pH vs Tipo de floculante*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tipo de Floculante	2	0.000617	0.000308	0.56	0.590
Error	9	0.004950	0.000550		
Total	11	0.005567			

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 83, no se cuenta con suficiente evidencia para rechazar la hipótesis de que todas las medias son iguales. Debido a que el valor de $p = 0.590$ es mayor a $\alpha = 0.05$, por ende, se afirma que no existe diferencia significativa entre las medias.

Tabla 84: *Medias para pH vs Tipo de floculante*

Tipo de Floculante	N	Media	Desv.Est	IC de 95 %
pH INICIAL	4	8.030	0.000	(8.008; 8.052)
ALOE VERA	4	8.070 0	0.0245	(8.0479; 8.0921)
CITRUS RETICULATA	4	8.052 5	0.0206	(8.0304; 8.0746)
MEZCLA	4	8.062 5	0.0250	(8.0404; 8.0846)

Fuente: Elaboración propia

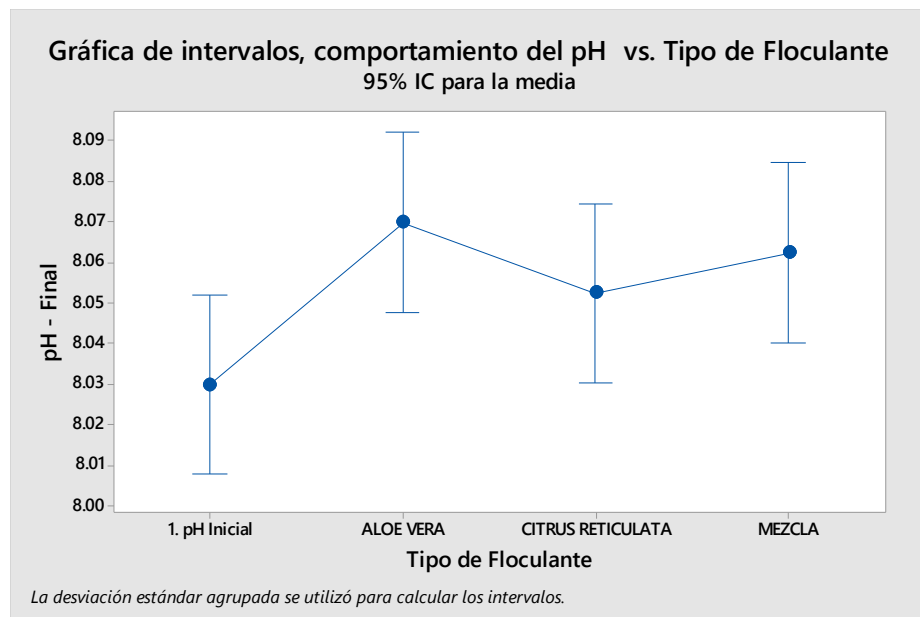


Figura 31: Gráfica de intervalos para pH vs Tipo de floculante
Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 84 y la figura 31, se puede apreciar que el incremento del pH es muy bajo para los tres tipos de floculante, sin embargo, el Aloe Vera tiene la media más alta, es decir este tipo de floculante es el que incrementa en mayor porcentaje el potencial de hidrogeno respecto al valor inicial.

Tabla 85: Comparaciones en parejas de Fisher para pH vs Tipo de floculante

Tipo de Floculante	N	Media	Agrupación
ALOE VERA	4	8.0700	A
MEZCLA	4	8.0625	A
CITRUS RETICULATA	4	8.0525	A

Fuente: Elaboración propia

“Según la tabla 85, comparación en parejas de Fisher para pH vs tipo de floculante, indica que no existe diferencia significativa entre las medias debido, a que las tres medias tienen una sola agrupación representada por “A”. Esto significa que las medias de pH de los tres tipos de floculante no varían de manera significativa.”

Tabla 86: Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias para pH vs Tipo de floculante

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95 %	Valor T	Valor p ajustado
CITRUS RETIC - ALOE VERA	-0.0175	0.0166	(-0.0638; 0.0288)	-1.06	0.563
MEZCLA - ALOE VERA	-0.0075	0.0166	(-0.0538; 0.0388)	-0.45	0.895
MEZCLA - CITRUS RETIC	0.0100	0.0166	(-0.0363; 0.0563)	0.60	0.822

Nivel de confianza individual = 97.91 %

Fuente: Elaboración propia

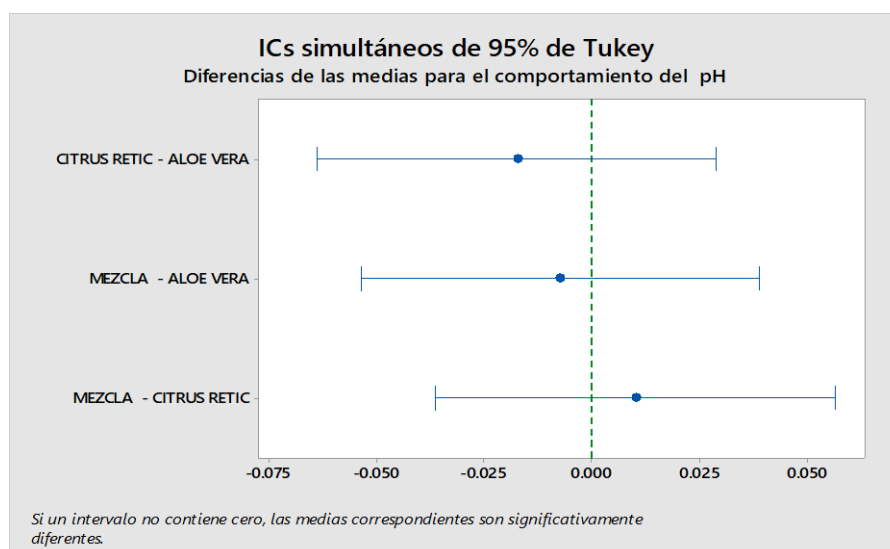


Figura 32: Gráfica de comparaciones en parejas de Tukey para pH vs Tipo de floculante

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 86 y la figura 32:

- Todos los intervalos de confianza de los pares de medias incluyen el cero, lo que indica que las diferencias no son estadísticamente significativas.
- El nivel de confianza simultáneo de 95 % indica que se está 95 % seguro de que todos los intervalos de confianza contienen las diferencias reales.
- La tabla de pruebas simultáneas de Tukey indica que el nivel de confianza individual es 97.91 %. Este valor indica que se está 97.91 % seguro de que cada intervalo individual contiene la diferencia real entre un par específico de medias de grupo. Es decir, los niveles de confianza individuales de cada comparación producen el nivel de confianza simultáneo de 95 % para las tres comparaciones.

4.1.4.1.1.2. Análisis estadístico respecto al factor Conductividad Eléctrica según los mejores resultados de las pruebas de laboratorio

a. ANOVA de un solo factor: Comportamiento de la CE vs Tipo de floculante

Tabla 87: *Hipótesis estadística de ANOVA para CE vs Tipo de floculante*

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 88: *Análisis de varianza para CE vs Tipo de floculante*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tipo de Floculante	2	0.095	0.0475	0.00	0.999
Error	9	326.845	36.3161		
Total	11	326.940			

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 88, no se cuenta con suficiente evidencia para rechazar la hipótesis de que todas las medias son iguales. Debido a que el valor de $p = 0.999$ es mayor a $\alpha = 0.05$, por ende, se afirma que no existe diferencia significativa entre las medias.

Tabla 89: Medias para CE vs Tipo de floculante

Tipo de Floculante	N	Media	Desv.Est.	IC de 95 %
CE INICIAL	4	70.00	0.00	(64.31; 75.69)
ALOE VERA	4	83.08	5.25	(77.39; 88.76)
CITRUS RETICULATA	4	82.88	5.41	(77.19; 88.56)
MEZCLA	4	83.05	7.22	(77.36; 88.74)

Fuente: Elaboración propia

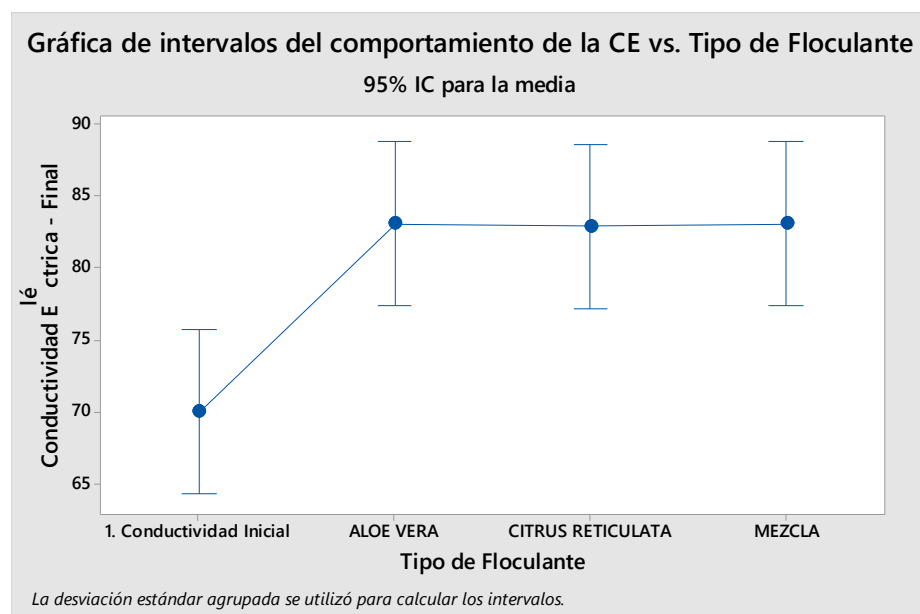


Figura 33: Gráfica de intervalos para CE vs Tipo de floculante

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 89 y la figura 33, se puede apreciar que la conductividad eléctrica se ha incrementado aproximadamente 13 us/cm en todos los tipos de floculantes, sin embargo, el Aloe Vera tiene la media más alta, es decir este tipo de floculante es el que incrementa en mayor porcentaje la concentración de la conductividad eléctrica respecto al valor inicial.

Tabla 90: Comparaciones en parejas de Fisher para CE vs Tipo de floculante

Tipo de Floculante	N	Media	Agrupación
ALOE VERA	4	83.08	A
MEZCLA	4	83.05	A
CITRUS RETICULATA	4	82.88	A

Fuente: Elaboración propia

“Según la tabla 90, comparación en parejas de Fisher para CE vs Tipo de floculante, indica que no existe diferencia significativa entre las medias debido, a que las tres medias tienen una sola agrupación representada por “A”. Esto significa que las medias de los tres tipos de floculante no varían de manera significativa.”

Tabla 91: Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias para CE vs Tipo de floculante

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95 %	Valor T	Valor p ajustado
CITRUS RETIC - ALOE VERA	-0.20	4.26	(-12.10; 11.70)	-0.05	0.999
MEZCLA - ALOE VERA	-0.03	4.26	(-11.93; 11.88)	-0.01	1.000
MEZCLA - CITRUS RETIC	0.17	4.26	(-11.73; 12.08)	0.04	0.999

Nivel de confianza individual = 97.91 %

Fuente: Elaboración propia

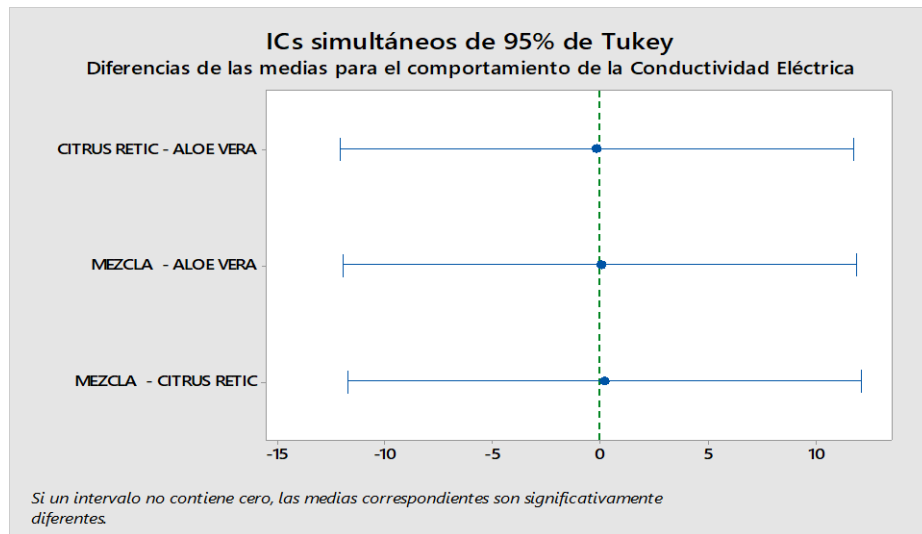


Figura 34: Gráfica de comparaciones en parejas de Tukey para CE vs Tipo de floculante

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 91 y la figura 34:

- Todos los intervalos de confianza de los pares de medias incluyen el cero, lo que indica que las diferencias no son estadísticamente significativas.
- El nivel de confianza simultáneo de 95 % indica que se está 95 % seguro de que todos los intervalos de confianza contienen las diferencias reales.
- La tabla de pruebas simultáneas de Tukey indica que el nivel de confianza individual es 97.91 %. Este valor indica que se está 97.91 % seguro de que cada intervalo individual contiene la diferencia real entre un par específico de medias de grupo. Es decir, los niveles de confianza individuales de cada comparación producen el nivel de confianza simultáneo de 95 % para las tres comparaciones.

4.1.4.1.1.3. Análisis estadístico respecto al factor de Temperatura según los mejores resultados de las pruebas de laboratorio

a. ANOVA de un solo factor: Comportamiento de la Temperatura (°C) vs Tipo de floculante

Tabla 92: *Hipótesis estadística de ANOVA para Temperatura (°C) vs Tipo de floculante*

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 93: *Análisis de varianza para Temperatura (°C) vs Tipo de floculante*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tipo de Floculante	3	5.88000	1.96000	*	*
Error	12	0.00000	0.00000		
Total	15	5.88000			

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 93, no se puede obtener los valores de p ni de F, debido a que las medias de la temperatura de los tres tipos de floculante son iguales, en el siguiente cuadro se puede corroborar las medias.

Tabla 94: Medias para Temperatura (°C) vs Tipo de floculante

Tipo de Floculante	N	Media	Desv.Est.	IC de 95 %
TEMPERATURA INICIAL	4	12.30	0.00	(12.30; 12.30)
ALOE VERA	4	13.70	0.00	(13.70; 13.70)
CITRUS RETICULATA	4	13.70	0.00	(13.70; 13.70)
MEZCLA	4	13.70	0.00	(13.70; 13.70)

Fuente: Elaboración propia

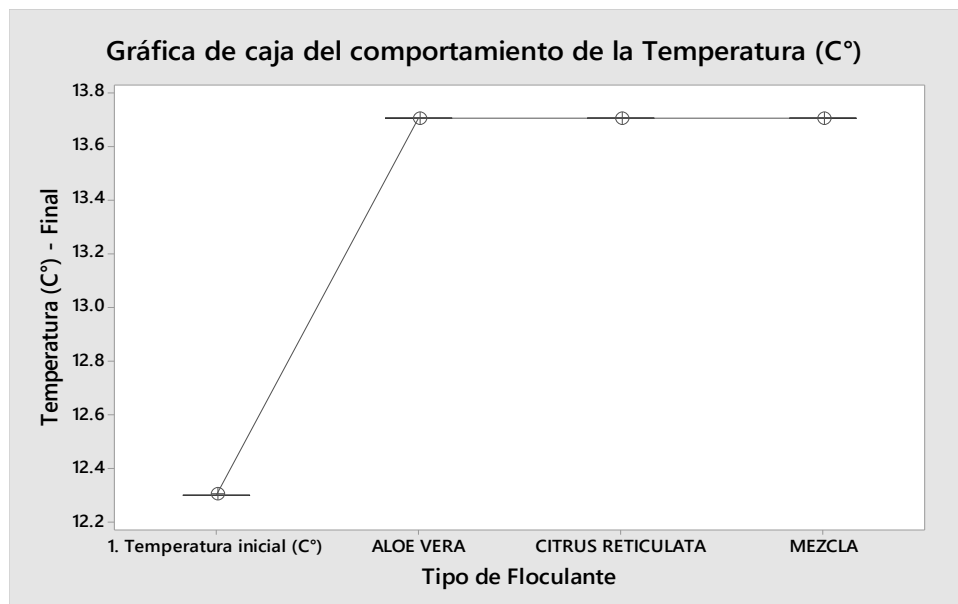


Figura 35: Gráfica de cajas para el comportamiento de la temperatura

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 94 y la figura 35, se puede apreciar que la temperatura se ha incrementado igual para los tres tipos de floculante, es decir se ha incrementado en 1.4 grados centígrados respecto al valor inicial.

4.1. Discusión

Se trabajó a distintas concentraciones de floculantes naturales (Aloe Vera y Citrus Reticulata) en base a lo que nos dice Aygun y Ylmaz (2005) en su artículo “mejora del proceso de coagulación - floculación para el tratamiento de aguas residuales utilizando floculantes naturales” que: la dosis de floculante de Aloe Vera 0,1. g / L y 1 g / L, mientras que las concentraciones del floculante de Citrus Reticulata variaron entre 0.1 g / L y 0.3 g / L, respectivamente.

Según los mejores resultados obtenidos en la presente investigación nos lleva a constatar lo dicho por Aygun y Ylmaz. Ya que las mejores concentraciones de los floculantes de Aloe Vera y Citrus Reticulata son (10 % y 3 % respectivamente), con lo cual se puede apreciar que las concentraciones son muy parecidas a lo que se menciona en el artículo escrito por Aygun y Ylmaz. Sin embargo estas concentraciones pueden variar dependiendo a las características del agua a tratar.

Por otro lado se puede afirmar que el floculante Aloe Vera tiene el mayor porcentaje de remoción de turbidez para el agua del río Chico del distrito de San Silvestre de Cochán, provincia de San Miguel, de acuerdo a la eficiencia de remoción de turbidez se tiene que la mezcla de 0.75 ml de Aloe Vera y 0.25 ml de Citrus Reticulata tiene una eficiencia muy parecida a la del Aloe Vera, sin embargo no se puede decir lo mismo para el floculante Citrus Reticulata ya que tiene un porcentaje muy bajo de remoción de turbidez por lo cual no se recomienda el uso de este floculante.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Según los resultados obtenidos se determinó que la mayor eficiencia de la floculación de la mezcla de Aloe Vera y Citrus Reticulata, para disminuir la turbidez del agua del río Chico, se encuentra en la mezcla “C” es decir a 0.75 ml y 0.25 ml de floculante respectivamente, logrando bajar la turbidez inicial de 110 NTU a 33.96 NTU.
- Se determinó que la turbidez inicial del agua del río Chico es de 110 NTU, y la turbidez final de acuerdo a los mejores resultados de cada floculante es: 25.83, 99.43 y 33.96 NTU para Aloe Vera, Citrus Reticulata y la mezcla, respectivamente.
- Se determinó que la concentración más óptima de floculante para el Aloe Vera es al 10 %, mientras que para el Citrus Reticulata es al 3 % para disminuir la turbidez del agua del río Chico.
- Se determinó que el volumen más óptimo de floculante, para el Aloe Vera es de 1 ml por cada 500 ml de muestra, mientras que para el Citrus Reticulata es de 0.5 ml por cada 500 ml de muestra, ya que a estos volúmenes tenemos el mayor porcentaje de remoción de turbidez del agua del río Chico, cabe mencionar que los volúmenes están de acuerdo a las concentraciones determinadas respectivamente.

- De acuerdo a los mejores resultados obtenidos en el laboratorio se estableció 3 mezclas diferentes de Aloe Vera y Citrus Reticulata, las cuales son: (A: 0.25 / 0.75 ml); (B: 0.5 / 0.5 ml) respectivamente y (C: 0.75 / 0.25 ml) viceversa. Teniendo el mayor porcentaje de remoción de turbidez con la mezcla “C” para el agua de río Chico.
- Comparado la eficiencia de cada uno de los vegetales naturales de Aloe Vera, Citrus Reticulata y la mezcla, se tiene los siguientes valores de remoción de turbidez 25.83, 99.43 y 33.96 NTU respectivamente, encontrando la mayor eficiencia en el floculante Aloe Vera seguido por la mezcla de ambos vegetales y finalmente el Citrus Reticulata.

5.2. RECOMENDACIONES

- Teniendo en cuenta el consumo del Aloe Vera (penca sábila) por ente podría afectar en la depredación de dicho recurso, por lo cual se recomienda multiplicar esta especie en lugares estratégicos para mantener el equilibrio y evitar que se produzca una depredación del vegetal.
- La sábila tiene una amplitud de adaptación a diferentes climas y suelos, pudiendo crecer en suelos con pendientes del 30 % y en suelos
- La época de siembra de la penca sábila se debe realizar cuando inicia la lluvia, en los meses de mayo a junio, y si se tiene condiciones de riego puede establecerse en cualquier época del año.
- El distanciamiento de siembra es de 0.70 m. entre plantas y 0.70 m. a 1.00 m entre surcos, para que tengan un buen desarrollo de las pencas que son las que se comercializan.
- Se recomienda que la cantidad de penca sábila a sembrar sea de acuerdo al caudal necesario de agua a tratar.
- Utilizar como abono vegetal o alimentación animal el residuo descartado de la extracción del mucílago de la hoja de Aloe vera, debido que es de alta humedad y elevado contenido de materia orgánica.
- Para futuras investigaciones, se puede tomar en cuenta la dosificación del producto a diferentes temperaturas, las cuales pueden brindar alcances con el tratamiento con recursos vegetales de zonas con bajas temperaturas.

- Realizar la promoción ante diferentes entidades locales, provinciales y nacionales la utilización de floculantes naturales para el mejoramiento y tratamiento de las aguas de consumo humano.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abramovich, B., Lura, M., & Vaira, S. (2004). Acción de distintos coagulantes para la eliminación de *Cryptosporidium* spp. en el proceso de potabilización del agua. *Revista argentina de microbiología*.
- Acosta, L. (2006). Estado del arte del tratamiento de aguas por coagulación-floculación. *Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal*.
- Aguilar, A. (2010). *Utilización de semillas de tara (Caesalpinia spinosa) como ayudante de coagulación en el tratamiento de aguas*. Universidad Nacional de Ingeniería. tesis, Lima. Recuperado el 10 de setiembre de 2018
- ALMENDAREZ, & Nabyarina. (2004). Comprobación de la efectividad del coagulante (cochifloc) en aguas del lago de Managua "piedras azules". *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 5.
- Alvarado, L. (2013). "Uso de las cáscaras de mandarina como coagulante lante natural en el tratamiento de aguas potables de la planta La Diana". *Tesis de especialización, Universidad Nacional Abierta y a Distancia*. Duitama.
- Anastasakis, K., Kalderis, D., & Diamadopoulos, E. (2009). Flocculation behavior of mallow and okra mucilage in treating wastewater. *Desalination*, 786-791.
- Andia, Y. (2000). Tratamiento de agua: Coagulación-Floculación. *Evaluación de Plantas y Desarrollo Tecnológico*.
- Babora, R., Freire, R., & Olivera, W. (2014). *Remoção da Turbidez da Água Usando Aloe Vera como Coagulante Natural* (Vol. 10). Recuperado el 10 de Setiembre de 2018, de https://www.researchgate.net/publication/272376497_REMOCAO_DA_TURBI DEZ_DA_AGUA_USANDO_ALOE_VERA_COMO_COAGULANTE_NATURAL ISSN: 19800827
- Beltrán, J., & Rangel, J. (2012). *Modelación dinámica de los sólidos suspendidos totales en el humedal jaboque*. Bogota.

- Casaca, Á. (2013). *Cultivo de la mandarina*. documento técnico.
- Catalán la fuente, J., & Catalán Alonso, J. (1987). *Ríos, caracterización y calidad de sus aguas*. Barcelona.
- Chun Yang, Y. (2010). Emerging usage of plant-based coagulants for water and wastewater treatment. *Process Biochemistry* 45 [en línea], 1. Recuperado el 10 de setiembre de 2018, de <http://d20uo2axdbh83k.cloudfront.net/20130403/e5f30167f9f6f27e78e4f24b79>
- Esquivel, P. (2004). Los frutos de las cactáceas y su potencial como materia prima. *Agronomía Mesoamericana*, 215-219.
- Galvin, R. M. (2003). Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos. *Tratamiento y control de calidad de aguas*.
- Garcés, M. (2004). *Identificación de los Aminoácidos esenciales para uso medicinal en la sábila (Aloe Vera)*. Tesis, Guayaquil.
- George, D. (1995). Toxicity of alum sludge extracts to a freshwater alga, protozoan, fish, and marine bacterium. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 149-158.
- Gurdián, R., & Coto, J. (2011). Estudio preliminar del uso de la semilla de tamarindo (*Tamarindus indica*) en la coagulación-floculación de aguas residuales. *Tecnología en Marcha*, 18-26.
- Hernández, B., & Mendoza, I. (2013). *Semillas de tamarindo (tamarindus indica) como coagulante en aguas con alta turbiedad*. Recuperado el 9 de Setiembre de 2018, de <http://www.produccioncientifica.luz.edu.ve/index.php/redieluz/article/view/1943>
8ISSN: 2244-7334
- Kumar, S. (2015). Coagulation performance evaluation of natural and synthetic coagulants in waste water treatment. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences [online]*, 10(6), 2714-2717. Recuperado el 10 de Setiembre de 2018, de

http://www.arpnjournals.com/jeas/research_papers/rp_2015/jeas_0415_1820.pdf
ISSN 1819-6608.

- López, R. (2014). Evaluación de almidones de malanga (colocasia esculenta) como agentes coadyuvantes en la remoción de turbiedad en el proceso de potabilización del agua. *Scielo [online].*, 13(3), 855-863. Recuperado el 10 de setiembre de 2018, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1665-27382014000300018&script=sci_abstractISSN1665-2738
- Manahan, S. (2007). *Introducción a la química ambiental*. Mexico: Reverté S. A.
- Nieto Orellana, C., & Ulloa Orellana, V. (2011). *Aplicación del Quitosano como promotor de floculación para disminuir la carga contaminante*.
- OMS. (2012). *Informe acerca de los progresos sobre el agua potable y saneamiento*. Recuperado el 09 de setiembre del 2018, de <http://www.who.int/mediacentre/news/>.
- Perez de la Cruz, F., & Urrea Mallebrera, M. (2011). *Abastecimiento de aguas*. Cartagena.
- Ramírez, H., & Jaramillo, J. (2014). Uso potencial de agentes clarificantes y desinfectantes de origen natural para el tratamiento integral del agua caracterizado por pisos térmicos. *Ingeniería Solidaria*, 2357 - 6014. Recuperado el 9 de setiembre de 2018, de <http://revistas.ucc.edu.co/index.php/in/article/view/813e-ISSN>
- Ramírez, H., & Jaramillo, J. (2015). *Agentes naturales como alternativa para el tratamiento del agua*. Recuperado el 9 de setiembre de 2018, de <http://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb/article/download/1303/1359ISSN>
- Razuri, K. (2017). *“Disminución del contenido de la DBO5 y la DQO mediante coagulantes naturales (Aloe Vera L. y Opuntia ficus indica) en las aguas del canal de regadío E-8 Chuquitanta – San Martín de Porres”*. Tesis, lima.
- Revelo, A., & Proaño, D. (2015). *Biocoagulación de aguas residuales de industria textilera mediante extractos de Caesalpinia spinosa*. Recuperado el 9 de

setiembre de 2018, de <http://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute> Publicación trimestral e-ISSN: 1390-6542.

Rodríguez, M. (2007). Evaluación del proceso de la coagulación para el diseño de una planta potabilizadora. *Umbral Científico [en línea]*.(11). Recuperado el 10 de setiembre de 2018, de www.redalyc.org/pdf/304/30401102.pdf

Rodríguez, M. (2007). Evaluación del proceso de la coagulación para el diseño de una planta potabilizadora. *Umbral Científico*, 9.

Sedapal. (2006). *Tratamiento de agua coagulación y floculación*. Recuperado el 9 de setiembre del 2018, de http://www.sedapal.com.pe/c/document_library/get_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae5556209841d9b8&groupId=10154

Sotero, R. (2007). Toxicity of ferric chloride sludge to aquatic organisms. *Chemosphere*, 628-636.

Unicef. (2014). *Water and Sanitation*. Recuperado el 9 de setiembre de 2018, de <http://www.unicef.org/spanish/wash/>.

Vásquez, A. (1994). Extracción de coagulantes naturales del nopal y aplicación en la clarificación de aguas superficiales . Monterrey, Mexico.

Vila, R., & Guinea, M. (2001). Gel de áloe. *Revista de Fitoterapia [en línea]*., 1(4).
Obtenido de www.fitoterapia.net

Wilchez, J. (2013). Alternativa para la potabilización del agua en zonas rurales. *Revista ambiental agua aire y suelo [online]*., 4(2), 130-140. Recuperado el 10 de setiembre de 2018, de [http://revistas.unipamplona.edu.co/ojs_viceinves/index.Php/RA/article/view/430ISSN 1900-9178](http://revistas.unipamplona.edu.co/ojs_viceinves/index.Php/RA/article/view/430ISSN%201900-9178)

ANEXOS

ANEXO A

RESULTADOS DE LABORATORIO

Determinación de concentración de en función de RPM y tiempo de agitación, tiempo de reposo. Para el floculante de Aloe Vera. Condiciones iniciales: pH= 8.03 T (C°)= 12.3 CE (us/cm) volumen de floc= 1 ml

Tipo de Floculante	Volumen del Floculante (ml)	RPM	Tiempo agitación del Floculante	Concentración del Floculante (%)	Turbidez Inicial	Turbidez Final NUT		
						15 min	30 min	45 min
Aloe vera	1	20	1	5	110	116.10	104.00	102.20
Aloe vera	1	20	1	5	110	114.10	102.00	101.20
Aloe vera	1	20	30	5	110	86.40	84.70	94.60
Aloe vera	1	100	1	5	110	111.20	109.00	109.60
Aloe vera	1	100	30	5	110	98.50	98.70	98.80
Aloe vera	1	100	30	5	110	97.90	96.70	96.70
Aloe vera	1	100	30	5	110	98.10	97.20	97.80
Aloe vera	1	20	1	10	110	97.40	95.20	96.50
Aloe vera	1	20	30	10	110	96.30	94.70	92.70
Aloe vera	1	20	30	10	110	96.40	95.00	95.00
Aloe vera	1	100	1	10	110	76.90	67.70	66.90
Aloe vera	1	100	1	10	110	76.70	70.60	68.50
Aloe vera	1	100	30	10	110	27.10	26.10	24.30
Aloe vera	1	100	30	10	110	27.10	26.10	24.30
Aloe vera	1	20	1	15	110	101.00	101.00	100.00
Aloe vera	1	20	1	15	110	100.50	100.40	100.30
Aloe vera	1	20	30	15	110	94.30	92.60	93.20
Aloe vera	1	100	1	15	110	97.90	96.20	95.80
Aloe vera	1	100	1	15	110	97.90	96.20	95.80
Aloe vera	1	100	30	15	110	111.00	101.00	100.60
Aloe vera	1	20	1	100	110	102.00	98.00	99.60
Aloe vera	1	20	1	100	110	102.00	98.00	99.60
Aloe vera	1	20	30	100	110	109.00	102.00	101.30
Aloe vera	1	100	1	100	110	103.00	102.50	104.30
Aloe vera	1	100	1	100	110	103.00	102.50	104.30
Aloe vera	1	100	30	100	110	114.00	111.00	109.60

Determinación de concentración de en función de RPM y tiempo de agitación, tiempo de reposo. Para el floculante de Citrus Reticulata.

Condiciones iniciales: pH= 8.03 T (C°)= 12.3 CE (us/cm) volumen de floc= 0.5 ml

Tipo de Floculante	Volumen del Floculante (ml)	RPM	Tiempo agitación del Floculante	Concentración del Floculante (%)	Turbidez Inicial	Turbidez Final NUT		
						15 min	30 min	45 min
Citrus Reticulata	1	20	1	2	110	121.00	115.00	101.00
Citrus Reticulata	1	20	1	2	110	120.40	16.40	106.20
Citrus Reticulata	1	20	30	2	110	92.10	95.30	96.20
Citrus Reticulata	1	100	1	2	110	108.00	107.00	107.60
Citrus Reticulata	1	100	1	2	110	110.20	107.60	105.80
Citrus Reticulata	1	100	30	2	110	99.40	100.00	102.60
Citrus Reticulata	1	20	1	3	110	94.90	92.50	93.60
Citrus Reticulata	1	20	30	3	110	94.70	95.60	95.90
Citrus Reticulata	1	20	30	3	110	94.70	95.60	95.90
Citrus Reticulata	1	20	30	3	110	94.80	95.80	95.30
Citrus Reticulata	1	100	1	3	110	99.10	92.60	92.10
Citrus Reticulata	1	100	30	3	110	101.00	123.00	128.00
Citrus Reticulata	1	100	30	3	110	101.00	123.00	128.00
Citrus Reticulata	1	20	1	4	110	94.90	92.50	93.60
Citrus Reticulata	1	20	30	4	110	94.70	95.60	95.90
Citrus Reticulata	1	20	30	4	110	94.70	95.60	95.90
Citrus Reticulata	1	100	1	4	110	99.10	92.60	92.10
Citrus Reticulata	1	100	1	4	110	99.10	92.60	92.10
Citrus Reticulata	1	100	30	4	110	101.00	123.00	128.00

Determinación del volumen eficiente para el floculante Aloe vera. Condiciones iniciales: pH= 8.03 T (C°)= 12.3 CE (us/cm) volumen de floc= 1 ml

Tipo de Floculante	Concentración del Floculante (%)	RPM	Tiempo agitación del Floculante (min)	Volumen del Floculante (ml)	Turbidez Inicial NUT	Turbidez Final NUT		
						15 min	30 min	45 min
Aloe vera	10	20	30	0.50	110	97.80	96.20	94.40
Aloe vera	10	20	30	0.50	110	98.60	97.90	95.10
Aloe vera	10	20	30	0.50	110	98.10	96.40	94.80
Aloe vera	10	20	30	1.00	110	96.30	94.70	92.70
Aloe vera	10	20	30	1.00	110	96.30	95.70	92.40
Aloe vera	10	20	30	1.00	110	96.80	95.70	92.70
Aloe vera	10	20	30	2.00	110	98.30	96.50	93.80
Aloe vera	10	20	30	3.00	110	102.00	101.00	100.80
Aloe vera	10	20	30	3.00	110	103.00	102.30	101.50
Aloe vera	10	20	30	3.00	110	102.30	101.60	100.90
Aloe vera	10	100	30	0.50	110	27.10	26.30	24.80
Aloe vera	10	100	30	0.50	110	27.10	26.30	24.80
Aloe vera	10	100	30	3.00	110	35.10	34.30	32.80
Aloe vera	10	100	30	1.00	110	27.10	26.10	24.30
Aloe vera	10	100	30	2.00	110	28.20	27.20	25.60
Aloe vera	10	100	30	3.00	110	35.10	34.30	32.80

Determinación del volumen eficiente para el floc. Citrus reticulata. Condiciones iniciales: pH=8.03 T (C°)=12.3 CE (us/cm) volumen de floc=1 ml

Tipo de Floculante	Concentración del Floculante (%)	RPM	Tiempo agitación del Floculante (min)	Volumen del Floculante (ml)	Turbidez Inicial NUT	Turbidez Final NUT		
						15 min	30 min	45 min
Citrus reticulata	3	20	1	0.50	110	101.00	99.50	97.20
Citrus reticulata	3	20	1	0.50	110	101.00	99.80	97.50
Citrus reticulata	3	20	1	1.00	110	95.30	92.70	93.90
Citrus reticulata	3	20	1	2.00	110	107.00	108.00	104.60
Citrus reticulata	3	20	1	2.00	110	107.00	106.80	105.10
Citrus reticulata	3	20	1	3.00	110	114.70	105.40	100.20
Citrus reticulata	3	20	30	0.50	110	100.30	98.60	99.40
Citrus reticulata	3	20	30	0.50	110	101.40	99.30	98.70
Citrus reticulata	3	20	30	1.00	110	94.90	96.30	96.60
Citrus reticulata	3	20	30	2.00	110	111.20	107.40	100.20
Citrus reticulata	3	20	30	2.00	110	110.90	108.50	103.50
Citrus reticulata	3	20	30	3.00	110	118.50	109.80	100.60
Citrus reticulata	3	100	1	0.50	110	102.70	100.50	98.90
Citrus reticulata	3	100	1	1.00	110	99.00	93.10	92.80
Citrus reticulata	3	100	1	1.00	110	99.00	93.10	92.80
Citrus reticulata	3	100	1	2.00	110	127.50	118.60	109.20
Citrus reticulata	3	100	1	3.00	110	125.30	120.10	114.60
Citrus reticulata	3	100	1	3.00	110	125.30	124.20	129.40
Citrus reticulata	3	100	30	0.50	110	104.20	100.30	105.60
Citrus reticulata	3	100	30	1.00	110	100.90	122.00	127.60
Citrus reticulata	3	100	30	1.00	110	100.90	122.00	127.60
Citrus reticulata	3	100	30	2.00	110	117.80	114.50	109.30
Citrus reticulata	3	100	30	3.00	110	129.40	118.50	107.40

ENSAYOS EN LABORATORIO CON AGUA DEL RIO CHICO - COCHAN

ENSAYOS EN LABORATORIO CON AGUA DEL RIO CHICO - COCHAN																
DATOS INICIALES					PREPARACIÓN DE LA MUESTRA						RESULTADOS DE TURBIDEZ			DATOS FINALES		
N°	Turb1 NTU	pH1	CE1 Us/cm	T°1 °C	Tipo de Floculante	Concentración de Floculante (%)	Volumen de Floculante (ml)	RPM	Tiempo de agitación del Floculente		15 min NTU	30 min NTU	45 min NTU	pH2	CE2 Us/cm	T°2 °C
01	110	8.03	70	12.3	Aleo	10	1	20	30	min	96.3	94.7	92.7	8.09	85.6	13.7
02	110	8.03	70	12.3	Aleo	10	1	100	1	min	76.9	67.7	66.9	8.04	86	13.7
03	110	8.03	70	12.3	citrus	3	1	20	30	min	102	98.3	97.9	8.07	84.8	13.7
04	110	8.03	70	12.3	citrus	3	1	100	1	min	99.1	92.6	92.1	8.03	86.2	13.7
05	110	8.03	70	12.3	Aleo	10	0.5	20	30	min	91.3	96.9	96.3	8.10	85.5	13.7
					citrus	3	0.5			min						
06	110	8.03	70	12.3	Aleo	10	0.5	100	1	min	76.6	69.2	78.2	8.06	86.2	13.7
					citrus	3	0.5			min						
07	110	8.03	70	12.3	Aleo	10	0.75	20	30	min	88.4	85.3	81.5	8.09	87.2	13.7
					citrus	3	0.25			min						
08	110	8.03	70	12.3	Aleo	10	0.75	100	1	min	65	72.1	71.8	8.04	88	13.7
					citrus	3	0.25			min						
09	110	8.03	70	12.3	Aleo	10	0.25	20	30	min	97.3	96.9	99.8	8.03	86.9	13.7
					citrus	3	0.75			min						
10	110	8.03	70	12.3	Aleo	10	0.25	100	1	min	66	70.2	73.3	8.07	87.5	13.7
					citrus	3	0.75			min						

ENSAYOS EN LABORATORIO CON AGUA DEL RIO CHICO - COCHAN

ENSAYOS EN LABORATORIO CON AGUA DEL RIO CHICO - COCHAN																
DATOS INICIALES					PREPARACIÓN DE LA MUESTRA						RESULTADOS DE TURBIDEZ			DATOS FINALES		
N°	Turb1 NTU	pH1	CE1 Us/cm	T°1 °C	Tipo de Floculante	Concentración de Floculante (%)	Volumen de Floculante (ml)	RPM	Tiempo de agitación del Floculente		15 min NTU	30 min NTU	45 min NTU	pH2	CE2 Us/cm	T°2 °C
01	110	8.03	70	12.3	Aloe	10	1	100	30	min	27.1	26.1	24.3			
02	110	8.03	70	12.3	Aloe	10	1	20	1	min	101	101	100			
03	110	8.03	70	12.3	citrus	3	1	100	30	min	101	123	128			
04	110	8.03	70	12.3	citrus	3	1	20	1	min	121	115	101			
05	110	8.03	70	12.3	Aleo	10	0.5	100	30	min	32.5	31.4	32.6			
					citrus	3	0.5			min						
06	110	8.03	70	12.3	Aleo	10	0.5	20	1	min	105	105	103			
					citrus	3	0.5			min						
07	110	8.03	70	12.3	Aleo	10	0.75	100	30	min	36.1	31.4	34.4			
					citrus	3	0.25			min						
08	110	8.03	70	12.3	Aleo	10	0.75	20	1	min	108	98.6	92.8			
					citrus	3	0.25			min						
09	110	8.03	70	12.3	Aleo	10	0.25	100	30	min	35	37.6	37.6			
					citrus	3	0.75			min						
10	110	8.03	70	12.3	Aleo	10	0.25	20	1	min	105	98.6	98.5			
					citrus	3	0.75			min						

ANEXO B

PANEL FOTOGRAFICO



Figura 36: foto 01 vista del río Chico del distrito de San Silvestre de Cochán, provincia de San Miguel, región Cajamarca a 300 m aproximadamente
Fuente: Elaboración propia



Figura 37: foto 02 Aguas del río Chico del distrito de San Silvestre de Cochán, provincia de San Miguel, región Cajamarca
Fuente: Elaboración propia



Figura 38: Foto 03 Recolección de muestras de agua del río Chico
Fuente: Elaboración propia



Figura 39: Foto 04 Compósito de 20 litros de Agua
Fuente: Elaboración propia



Figura 40: Foto 05 Se coloca 500 ml de agua en un beaker de la misma medida
Fuente: Elaboración propia



Figura 41: Foto 06 Medición de turbidez inicial y final
Fuente: Elaboración propia



Figura 42: Foto 07 Proceso manual de extracción del mucílago de las hojas del Aloe Vera

Fuente: Elaboración propia



Figura 43: Foto 08 Proceso de secado de las cáscaras de mandarina al aire libre

Fuente: Elaboración propia



Figura 44: Foto 09 Proceso de Secado de cáscaras de mandarina en horno
Fuente: Elaboración propia



Figura 45: Foto 10 Proceso de molienda de las cáscaras de mandarina
Fuente: Elaboración propia



Figura 46: Foto 11 Obtención de los flocculantes: mucílago del Aloe vera y el Citrus Reticulata en polvo

Fuente: Elaboración propia



Figura 47: Foto 12 agregando el mucílago a los beaker para la prueba de jarras.

Fuente: Elaboración propia

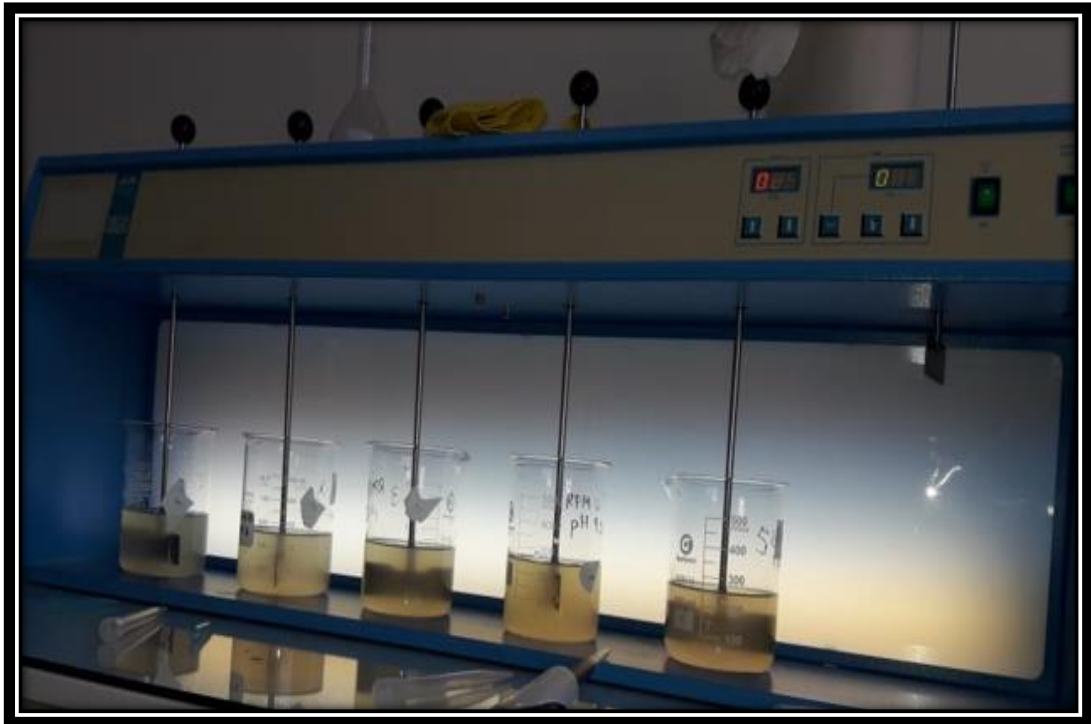


Figura 48: Foto 13 Prueba de test de jarras
Fuente: Elaboración propia



Figura 49: Foto 14. Efecto del mucílago en el agua del río
Fuente: Elaboración propia

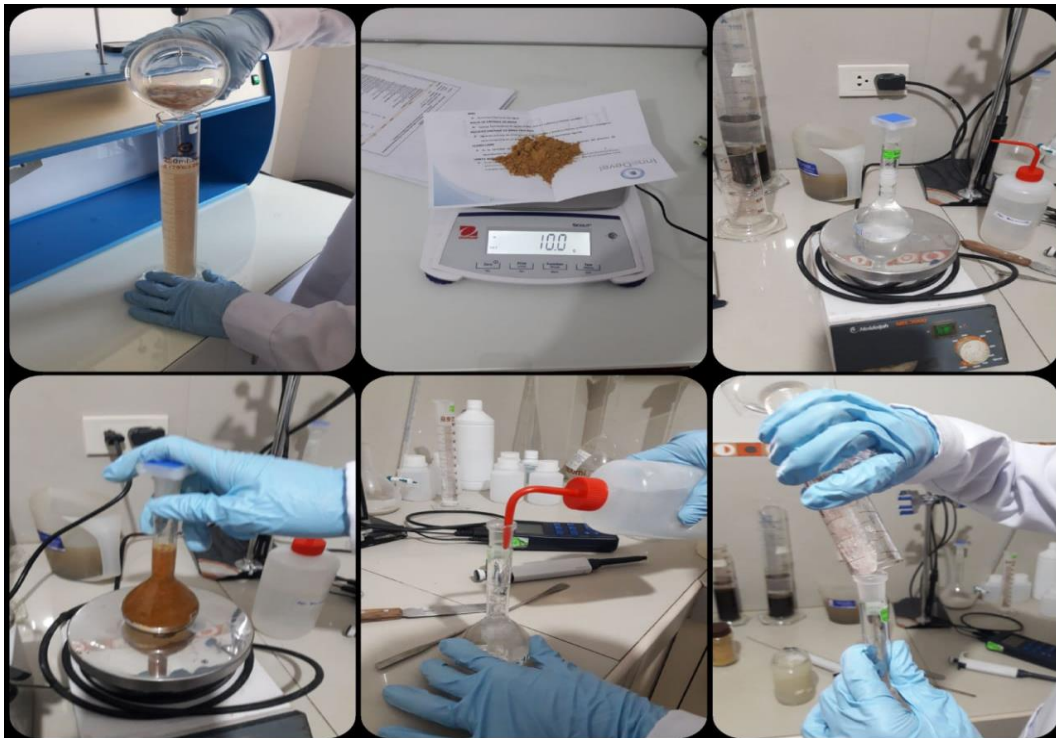


Figura 50: Foto 15. Procedimiento en laboratorio InnoDebel. SAC
Fuente: Elaboración propia



Figura 51: Foto 16. Pruebas en laboratorio InnoDebel. S.A.C
Fuente: Elaboración propia

ANEXO C

IMÁGENES SATELITALES

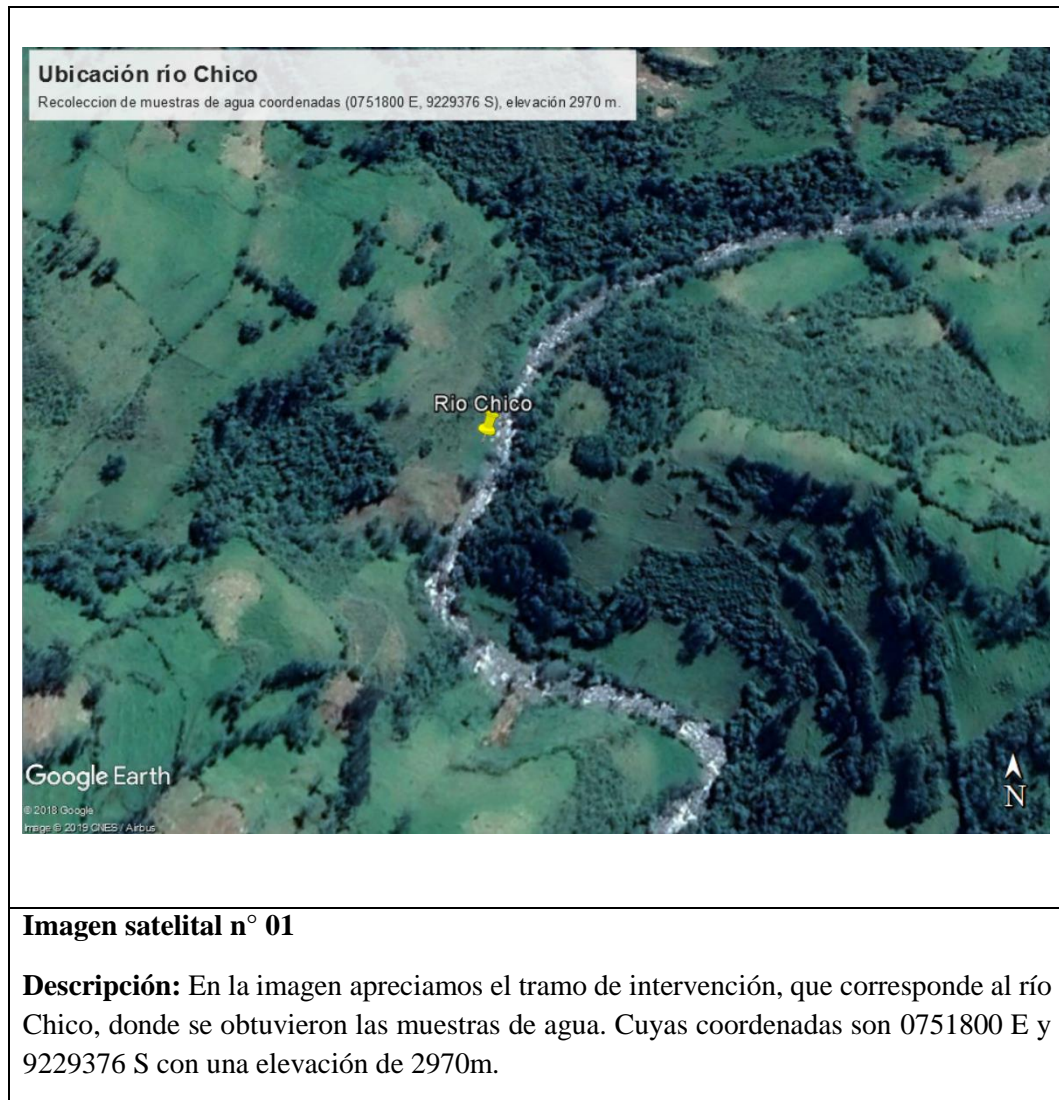


Figura 52: Imagen satelital del río Chico ubicado en el distrito de San Silvestre de Cochán, provincia de San Miguel, región Cajamarca

Fuente: Elaboración propia

Para mayor constancia firman:

Mg. Ing. Luna Botello, Víctor Dionisio

(Asesor)

Bach. Terrones Coba, Luis Kleiber

(Tesisista)