

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

**FACULTAD DE CIENCIAS FARMACÉUTICAS, BIOQUÍMICAS Y
BIOTECNOLÓGICAS**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA BIOTECNOLÓGICA



Evaluación y comparación de la efectividad del uso de flocculantes naturales *Aloe vera* (Sábila) y *Opuntia ficus-indica* (Nopal/Tuna) y orgánicos (Ferrocryl[®] y Chemlok 2040[®]) en el tratamiento de aguas residuales del proceso de teñido de la empresa Franky y Ricky S.A.

Tesis presentada por la bachiller:

ANA LUCIA PINTO GUZMÁN

Para optar el Título Profesional de

Ingeniera Biotecnóloga

Asesor: José A. Villanueva Salas, PhD

AREQUIPA - PERÚ

2017

DEDICATORIA

Gracias a Dios por haberme dado absolutamente todo, por regalarme cada día la dicha de vivir, por brindarme una nueva oportunidad de poder enmendar errores y ser mejor día a día, porque aun no mereciendo nada, tú mi Dios eres bueno conmigo, porque en días difíciles tendiste tu mano para consolarme, y así compruebo que tu voluntad es perfecta, gracias mil gracias.

Gracias a mis padres porque con su sacrificio diario pude culminar mi carrera, y poder cumplir uno de mis grandes sueños, por su apoyo incondicional, su buena formación y amor. Todo ello me hicieron la persona que soy hoy en día.

Gracias a mis amigos del proyecto de Franky y Ricky, por su apoyo y los buenos momentos Dios los bendiga siempre.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Págs.
Resumen.....	I
Abstract.....	II
Introducción:.....	III
Objetivos.....	VI
• Objetivo General.....	VI
• Objetivo Especifico.....	VI
• Hipótesis.....	VI
1 CAPITULO I: MARCO TEÓRICO.....	1
1.1 Opuntia ficus-indica (Penca de tuna/Nopal).....	1
1.1.1 Generalidades.....	1
1.1.2 Composición química general de la penca de la <i>Opuntia ficus-indica</i> (penca de tuna/ nopal).....	2
1.1.3 Usos de la penca de tuna.....	3
1.1.3.1 Cladodio:.....	3
1.1.3.2 Cosecha.....	4
1.2 Aloe vera (sábila).....	4
1.2.1 Generalidades.....	4
1.2.2 Descripción botánica.....	4
1.2.3 Composición Química.....	5
1.2.4 Siembra.....	6
1.3 Floculantes y coagulantes.....	6
1.3.1 Coagulante y Coagulación.....	6
1.3.1.1 Mecanismos de Coagulación.....	7
1.3.2 Floculante-Floculación.....	8
1.3.2.1 Influencia de la Dosis del Coagulante.....	9
1.3.2.2 Clasificación de los floculantes.....	9
1.3.2.3 Floculantes orgánicos naturales.....	10
1.3.2.4 Floculantes orgánicos de síntesis.....	10

1.3.3	Mecanismos de floculación.....	10
1.3.4	Proceso de coagulación-floculación.....	11
1.3.5	Afinidad de las partículas coloidales por el agua.....	11
1.3.6	Chemlok 2040®	11
1.3.7	Ferrocryl ®	12
1.3.8	Características químicas y físicas.....	13
1.3.9	Ventajas de utilizar Coagulantes y floculantes orgánicos.....	13
1.4	Colorantes	13
1.4.1	Colorantes Reactivos.....	14
1.5	Conductividad.....	15
1.6	pH.....	16
1.7	Sólidos totales	16
1.7.1	Sólidos disueltos.....	16
1.7.2	Los sólidos en suspensión	16
1.8	Turbidez.....	16
2	CAPITULO II: MATERIALES Y MÉTODOS	18
2.1	Materiales.....	18
2.1.1	Ambientes a utilizar	18
2.1.2	Materiales biológicos	18
2.1.3	Equipos.....	18
2.1.4	Reactivos	18
2.1.5	Material de vidrio	18
2.1.6	Otros	19
2.2	Métodos.....	19
2.2.1	Obtención de los coagulantes-floculantes orgánicos Ferrocryl ® y Chemlok 2040®	19
2.2.2	Recolección de la muestra de <i>Aloe vera</i> (Sábila) y <i>Opuntia ficus-indica</i> (penca de tuna).....	19
2.2.3	Limpieza de las muestras	20
2.2.4	Extracción del mucilago de la penca de Tuna.....	20
2.2.5	Extracción del mucílago de la hoja de la Sábila.....	20
2.2.6	Mezcla de los mucilagos de sábila y tuna	21

2.2.7	Recolección de la muestras de agua residual tinturada de la empresa Franky y Ricky S.A.....	21
2.2.8	Tratamiento aguas residuales de la empresa Franky y Ricky S.A. con Ferrocryl ® y Chemlok 2040® y determinación de la dosis optima	21
2.2.9	Tratamiento a las aguas residuales de la empresa Franky y Ricky S.A. con Mucílago de penca de <i>Opuntia ficus-indica</i> (penca de tuna/nopal), Mucílago de hoja de <i>Aloe vera</i> (hoja de sábila), determinación de la dosis óptima y medición de los parámetros fisicoquímicos.....	22
2.2.10	Tratamiento a las aguas residuales de la empresa Franky y Ricky S.A. con la mezcla del Mucílago de penca de <i>Opuntia ficus-indica</i> (penca de tuna/nopal), y Mucílago de hoja de <i>Aloe vera</i> (hoja de sábila) y medición de los parámetros fisicoquímicos	23
2.2.11	Registro de datos	23
2.2.12	Evaluación estadística	23
3	CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
3.1	Medición de los parámetros de las muestras de agua sin tratar	24
3.2	Tratamiento con Ferrocryl ® y Chemlok 2040 ®' determinación de la dosis optima, y medición de los parámetros fisicoquímicos	26
3.3	Tratamiento a las aguas residuales de la empresa Franky y Ricky S.A. con Mucílago de penca de <i>Opuntia ficus-indica</i> (penca de tuna/nopal), Mucílago de hoja de <i>Aloe vera</i> (hoja de sábila), determinación de la dosis optima y medición de los parámetros fisicoquímicos	30
3.3.1	Análisis estadístico.....	31
3.4	Tratamiento a las aguas residuales de la empresa Franky y Ricky S.A. con la mezcla del Mucílago de penca de <i>Opuntia ficus-indica</i> (penca de tuna/nopal), y Mucílago de hoja de <i>Aloe vera</i> (hoja de sábila) y medición de los parámetros fisicoquímicos.....	59
3.4.1	Analisis estadistico para Tratamiento a las aguas residuales de la empresa Franky y Ricky S.A. con la mezcla del Mucílago de penca de <i>Opuntia ficus-indica</i> (penca de tuna/nopal), y Mucílago de hoja de <i>Aloe vera</i> (hoja de sábila) y medición de los parámetros fisicoquímicos	61
3.5	Comparación entre las dosis efectivas del mucilago de penca de tuna, mucilago de hoja de sábila, mezcla de ambos mucilagos y floculantes-coagulantes orgánicos Ferrocryl ^R y Chemlok 2040 ^R	62

3.5.1	Análisis estadístico para la Comparación entre las dosis efectivas del mucilago de penca de tuna, mucilago de hoja de sábila, mezcla de ambos mucilagos y floculantes-coagulantes orgánicos Ferrocril R y Chemlok 2040....	64
3.5.1.1	Comparación entre el mucílago de tuna y sábila en “Gráfica de intervalos para las muestra n° 1,2 y 3” a las concentraciones de 100 g / 200 mL, 200 g / 200 mL, 300 g / 200 mL, 400 g / 200 mL, 500 g / 200 mL Muestra n°1	64
3.5.1.2	Intervalo de confianza turbidez inicial Vs. Turbidez muestras tratadas con ferrocril®-chemlok 2040 ®, mucílago de sábila, tuna y la mezcla de ambos mucílagos	68
	CONCLUSIONES	71
	RECOMENDACIONES.....	72
	REFERENCIAS.....	73
	ANEXOS	78
I.1	TABLAS INFORMATIVAS-MEDICIONES.....	84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición química proximal de cladodios de nopal amarillo Expresado en base húmeda.....	2
Tabla 2. Composición química del mucílago de penca de la sábila	6
Tabla 3 Características químicas y físicas del Ferrocryl® (coagulante)	13
Tabla 4. Dosis de Ferrocryl® y Chemlok 2040 ® probadas para hallar la dosis óptima	22
Tabla 5 Análisis de Varianza muestra n° 2 tratamientos con mucílago de sábila	53
Tabla 6 Comparaciones en parejas de Tukey muestra n° 3 tratamientos con mucílago de tuna.....	53
Tabla 7 Análisis de varianza (ANOVA) muestra N° 1 tratamiento con 2mL, 4 mL, 6 mL, 8 mL, 10 mL, de mucílago de tuna.....	84
Tabla 8 Comparaciones en parejas de Tukey muestra n° 1 tratamiento con 2mL, 4 mL, 6 mL, 8 mL, 10 mL, de mucílago de tuna.....	84
Tabla 9 Análisis de varianza (ANOVA) muestra n° 1 tratamiento con 2mL, 4 mL, 6 mL, 8 mL, 10 mL, de mucílago de sábila	84
Tabla 10 Comparaciones en parejas de Tukey muestra n° 1 tratamiento con 2mL, 4 mL, 6 mL, 8 mL, 10 mL, de mucílago de sábila.....	85
Tabla 11 Análisis de varianza (ANOVA) muestra n° 2 tratamientos con 2 mL, 4 mL, 6 mL, 8 mL, 10 mL, de mucílago de tuna.....	85
Tabla 12 Comparaciones en parejas de Tukey muestra n°2 tratamientos con 2 mL, 4 mL, 6 mL, 8 mL, 10 mL, de mucílago de tuna	85
Tabla 13 Análisis de varianza (ANOVA) muestra n° 2 tratamientos con 2 mL, 4 mL, 6 mL, 8 mL, 10 mL, de mucílago de sábila	85
Tabla 14 Comparaciones en parejas de Tukey muestra n°2 tratamientos con 2 mL, 4 mL, 6 mL, 8 mL, 10 mL, de mucílago de sábila.....	86
Tabla 15 Análisis de varianza (ANOVA) muestra n° 3 tratamientos con 2 mL, 4 mL, 6 mL, 8 mL, 10 mL, de mucílago de tuna.....	86
Tabla 16 Comparaciones en parejas de Tukey muestra n°3 tratamientos con 2 mL, 4 mL, 6 mL, 8 mL, 10 mL, de mucílago de tuna	86
Tabla 17 Análisis de varianza (ANOVA) muestra n° 3 tratamientos con 2 mL, 4 mL, 6 mL, 8 mL, 10 mL, con mucílago de sábila	87
Tabla 18 Comparaciones en parejas de Tukey muestra n°3 tratamientos con 2 mL, 4 mL, 6 mL, 8 mL, 10 mL, de mucílago de Sábila.....	87

Tabla 19.- Resultados de las mediciones de los parámetros a la muestra n° 1 tratadas con 0.8mL, 1.0 mL, 1.2 mL, 1.4 mL, y 1.6 mL a diferentes concentraciones de mucilago de penca de tuna.....	88
Tabla 20.-Resultados de las mediciones de los parámetros a la muestra n° 1 tratadas con 0.8mL, 1.0 mL, 1.2 mL, 1.4 mL, y 1.6 mL a diferentes concentraciones de mucilago de hoja de sábila.....	90
Tabla 21.-Resultados de las mediciones de los parámetros a la muestra n° 1 tratadas con 2mL, 4mL, 6mL, 8mL y 10mL mucílago de penca de tuna	90
Tabla 22.-Resultados de las mediciones de los parámetros a la muestra n° 1 tratadas con 2mL, 4mL, 6mL, 8mL y 10mL mucílago de hoja de sábila	90
Tabla 23.-Resultados de las mediciones de los parámetros a la muestra n° 2 tratadas con 0.8mL, 1.0 mL, 1.2 mL, 1.4 mL, y 1.6 mL a diferentes concentraciones de mucilago de penca de tuna.....	91
Tabla 24.-Resultados de las mediciones de los parámetros a la muestra n° 2 tratadas con 0.8mL, 1.0 mL, 1.2 mL, 1.4 mL, y 1.6 mL a diferentes concentraciones de mucilago de hoja de sábila.....	92
Tabla 25 Resultados de las mediciones de los parámetros a la muestra n° 2 tratadas con 2mL, 4mL, 6mL, 8mL y 10mL mucílago de penca de tuna	93
Tabla 26. Resultados de las mediciones de los parámetros a la muestra n° 2 tratadas con 2mL, 4mL, 6mL, 8mL y 10mL mucílago de hoja de sábila	93
Tabla 27Resultados de las mediciones de los parámetros a la muestra n° 3 tratadas con 0.8mL, 1.0 mL, 1.2 mL, 1.4 mL, y 1.6 mL a diferentes concentraciones de mucilago de penca de tuna.....	94
Tabla 28Resultados de las mediciones de los parámetros a la muestra n° 3 tratadas con 0.8mL, 1.0 mL, 1.2 mL, 1.4 mL, y 1.6 mL a diferentes concentraciones de mucilago de hoja de sábila.....	95
Tabla 29Resultados de las mediciones de los parámetros a la muestra n° 3 tratadas con 2mL, 4mL, 6mL, 8mL y 10mL mucílago de penca de tuna	96
Tabla 30Resultados de las mediciones de los parámetros a la muestra n° 3 tratadas con 2mL, 4mL, 6mL, 8mL y 10mL mucílago de hoja de sábila	96
Tabla 31Resultados de las mediciones de los parámetros muestra n°2 tratada con 30% mucilago de hoja de sábila y 70% de mucilago de hoja de sábila	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Poliacrilamida aniónica (Chemlok 2040®)	12
Figura 2. Estructura química del Ferrocryl ®.....	12
Figura 3. Estructura general de un colorante reactivo	15
Figura 4. Estructura molecular colorante reactividad baja	15
Figura 5. Parámetros fisicoquímicos muestra N°1 sin tratar	24
Figura 6. Parámetros fisicoquímicos muestra n° 2 sin tratar	25
Figura 7. Parámetros fisicoquímicos muestra n° 3 sin tratar	26
Figura 8. Parámetros muestra n°1 tratada con 1.6 mL de Ferrocryl ® y 1.6 mL de Chemlok 2040®	27
Figura 9. Parámetros muestra n° 2 tratada con 1.0 mL Ferrocryl ® y mL de 1.0 mL Chemlok 2040®	28
Figura 10. Parámetros muestra n° 3 tratada con 0.8 mL Ferrocryl ® y 0.8 mL de Chemlok 2040®	29
Figura 11. Parámetros muestra n°2 tratada con 10 ml de mucilago de tuna a una concentración de 500g penca de tuna /200ml de agua destilada	31
Figura 12. Intervalos de turbidez (NTU) vs. Dosis (mL) para la muestra n° 1 a una concentración de 100 g/200mL	33
Figura 13. Intervalos de turbidez (NTU) vs. Dosis (mL) para la muestra n° 1 a una concentración de 200 g/200mL	34
Figura 14. Intervalos de turbidez (NTU) vs. Dosis (mL) para la muestra n° 1 a una concentración de 300 g/200mL	35
Figura 15. Intervalos de turbidez (NTU) vs. Dosis (mL) para la muestra n° 1 a una concentración de 400 g/200mL	36

Figura 16 Intervalos de turbidez (NTU) vs. Dosis (mL) para la muestra n° 1 a una concentración de 500 g/200mL	36
Figura 17. Intervalos de turbidez (NTU) vs. Dosis (mL) para la muestra n° 1 a una concentración de 500 g/200mL	37
Figura 18. Intervalos de Turbidez (NTU) Vs Dosis (mL) para la muestra n°1 a una concentración de 100 g/ 200 mL mucílago de sábila.	38
Figura 19. Intervalos de Turbidez (NTU) Vs Dosis (mL) para la muestra n°1 a una concentración de 200 g/ 200 mL de mucilago de sábila.....	38
Figura 20. Intervalos de Turbidez (NTU) Vs Dosis (mL) para la muestra n°1 a una concentración de 300 g/ 200 mL de mucílago de sábila.....	39
Figura 21. Intervalos de Turbidez (NTU) Vs Dosis (mL) para la muestra n°1 a una concentración de 400 g/ 200 mL mucílago de sábila	40
Figura 22. Intervalos de Turbidez (NTU) Vs Dosis (mL) para la muestra n°1 a una concentración de 500 g/ 200 mL mucílago de sábila	40
Figura 23. Intervalos de turbidez (NTU) vs. Dosis (mL) para la muestra n° 1 a una concentración de 500 g/200mL de mucílago de sábila.....	41
Figura 24. Intervalos de Turbidez (NTU) Vs Dosis (mL) para la muestra n°2 a una concentración de 100 g/ 200 mL mucílago de tuna.....	42
Figura 25. Intervalos de Turbidez (NTU) Vs Dosis (mL) para la muestra n°2 a una	42
Figura 26. Intervalos de Turbidez (NTU) Vs Dosis (mL) para la muestra n°2 a una concentración de 300 g/ 200 mL mucílago de tuna.....	43
Figura 27. Intervalos de Turbidez (NTU) Vs Dosis (mL) para la muestra n°2 a una concentración de 400 g/ 200 mL mucílago de tuna.....	44
Figura 28 Intervalos de Turbidez (NTU) Vs Dosis (mL) para la muestra n°2 a una concentración de 500 g/ 200 mL mucílago de tuna.....	44

Figura 29 Intervalos de Turbidez (NTU) Vs Dosis (mL) para la muestra n°2 a una concentración de 500 g/ 200 mL mucílago de tuna.....	45
Figura 30. Intervalos de Turbidez (NTU) Vs Dosis (mL) para la muestra n°2 a una concentración de 100 g/ 200 mL mucílago de sábila	46
Figura 31. Intervalos de Turbidez (NTU) Vs Dosis (mL) para la muestra n°2 a una	46
Figura 32. Intervalos de Turbidez (NTU) Vs Dosis (mL) para la muestra n°2 a una concentración de 300 g/ 200 mL mucílago de sábila	47
Figura 33. Intervalos de Turbidez (NTU) Vs Dosis (mL) para la muestra n°2 a una concentración de 400 g/ 200 mL mucílago de sábila	48
Figura 34. Intervalos de Turbidez (NTU) Vs Dosis (mL) para la muestra n°2 a una concentración de 500 g/ 200 mL mucílago de sábila	48
Figura 35. Intervalos de turbidez (NTU) vs. Dosis (mL) para la muestra n° 2 a una concentración de 500 g/200mL	49
Figura 36. Intervalos de Turbidez (NTU) Vs Dosis (mL) para la muestra n°3 a una concentración de 100 g/ 200 mL mucílago de tuna.....	50
Figura 37. Intervalos de Turbidez (NTU) Vs Dosis (mL) para la muestra n°3 a una concentración de 200 g/ 200 mL mucílago de tuna.....	50
Figura 38. Intervalos de Turbidez (NTU) Vs Dosis (mL) para la muestra n°3 a una concentración de 300 g/ 200 mL mucílago de tuna.....	51
Figura 39. Intervalos de Turbidez (NTU) Vs Dosis (mL) para la muestra n°3 a una concentración de 400 g/ 200 mL mucílago de tuna.....	52
Figura 40. Intervalos de Turbidez (NTU) Vs Dosis (mL) para la muestra n°3 a una concentración de 500 g/ 200 mL mucílago de tuna.....	52
Figura 41. Intervalos de turbidez (NTU) vs. Dosis (mL) para la muestra n° 2 a una concentración de 500 g/200mL	53

Figura 42. Intervalos de Turbidez (NTU) Vs Dosis (mL) para la muestra n°3 a una concentración de 100 g/ 200 mL mucílago de sábila	54
Figura 43. Intervalos de Turbidez (NTU) Vs Dosis (mL) para la muestra n°3 a una concentración de 200 g/ 200 mL mucílago de sábila	55
Figura 44. Intervalos de Turbidez (NTU) Vs Dosis (mL) para la muestra n°3 a una concentración de 300 g/ 200 mL mucílago de sábila	56
Figura 45. Intervalos de Turbidez (NTU) Vs Dosis (mL) para la muestra n°3 a una concentración de 400 g/ 200 mL mucílago de sábila	56
Figura 46. Intervalos de Turbidez (NTU) Vs Dosis (mL) para la muestra n°3 a una concentración de 500 g/ 200 mL mucílago de sábila	57
Figura 47. Intervalos de turbidez (NTU) vs. Dosis (mL) para la muestra n° 3 a una concentración de 500 g/200mL	58
Figura 48. Parámetros muestra n°2 tratada con 10 ml de mucilago de tuna a una concentración de 500 g penca de tuna /200ml de agua destiladas.....	58
Figura 49. Comparación de la turbidez en la muestra n° 2 sin tratar y tratada con 30% sábila/70% tuna a una concentración de 500g/200ml	59
Figura 50. Comparación de solidos totales en la muestra n° 2 sin tratar y tratada con 30% sábila/70% tuna a una concentración de 500g/200ml	60
Figura 51. Comparación del parámetro de conductividad en la muestra n° 2 sin tratar y tratada con 30% sábila/70% tuna a una concentración de 500g/200ml	60
Figura 52. Comparación del parámetro pH en la muestra n° 2 sin tratar y tratada con 30% sábila/70% tuna a una concentración de 500g/200ml	60
Figura 53. Comparación de solidos disueltos en la muestra n° 2 sin tratar y tratada con 30% sábila/70% tuna a una concentración de 500g/200ml	61

Figura 54. Comparación de solidos suspendidos en la muestra n° 2 sin tratar y tratada con 30% sábila/70% tuna a una concentración de 500g/200ml	61
Figura 55 Intervalos de Intervalos de turbidez (NTU) vs. Dosis (mL) para la muestra n°2 a 30% de sábila/70% tuna, 50% de sábila/50% tuna, 30% de tuna/70% sábila.....	62
Figura 56. Comparación del parámetro sólidos totales en la muestra n°	62
Figura 57. Comparación del parámetro sólidos suspendidos en la muestra n°2	63
Figura 58. Comparación del parámetro sólidos disueltos en la muestra n° 2.....	63
Figura 59. Comparación del parámetro pH en la muestra n°2	63
Figura 60. Comparación del parámetro conductividad en la muestra n°2	63
Figura 61. Comparación del parámetro turbidez en la muestra n°2	64
Figura 62. Intervalos de turbidez (NTU) Vs Concentraciones de tuna y sábila en la muestra n°1.....	64
Figura 63. Intervalos de turbidez (NTU) Vs Concentraciones de sábila en la muestra n°1..	65
Figura 64 Intervalos de turbidez (NTU) Vs Concentraciones de tuna y sábila en la muestra n°2.....	66
Figura 65 Intervalos de turbidez (NTU) Vs Concentraciones de tuna en la muestra n°2	66
Figura 66. Intervalos de turbidez (NTU) Vs Concentraciones de tuna, sábila y la muestra n° 3 sin tratar	67
Figura 67. Intervalo de confianza turbidez inicial Vs. Turbidez muestras tratadas con ferrocryl®-chemlok 2040 ®, mucílago de sábila, tuna en la muestra n°1	68
Figura 68. Intervalo de confianza turbidez inicial Vs. Turbidez muestras tratadas con ferrocryl®-chemlok 2040 ®, mucílago de sábila, tuna y la mezcla de ambos mucílagos a una concentración de 30% sábila/70% tuna en la muestra n°2	69

Figura 69 Intervalo de confianza para dosis optimas de ferrocryl®-chemlok 2040 ®, mucílago de sábila, tuna y la mezcla de ambos mucílago a una concentración de 30% sábila/70%tuna en la muestra n°2.....	70
Figura 70.-Toma de muestra de las pencas de Opuntia ficus (tuna/nopal.....	78
Figura 71.-Toma de muestra de las hojas de sábila.....	79
Figura 72.-Limpieza, pesada, extracción y almacenamiento del mucilago de la hoja de la Sábila	79
Figura 73.-Toma de muestra aguas residuales Franky y Ricky S.A.....	79
Figura 74.-Medición de los parámetros fisicoquímicos: conductividad, turbidez, solidos disueltos, solidos suspendidos, solidos totales y pH a las muestras de agua sin tratar.....	80
Figura 75.-Tratamiento con Ferrocryl ® y Chemlok 2040® a las3 muestras de agua residual textil empleando el equipo de prueba de jarras.....	80
Figura 76Medición de los parámetros de las muestras tratadas con Ferrocryl ® y Chemlok2040®	80
Figura 77.-Tratamiento con mucilago de penca de tuna y sabila a las3 muestras de agua residual textil empleando el equipo de prueba de jarras.....	81
Figura 78. Muestra n°2 tratada con 10 ml de de mucilago de penca de tuna a una concentracion de 500g / 200 ml.....	81
Figura 79.-Medición de sólidos, pH conductividad, turbidez a las muestras tratadas con mucilago de tuna y sábila	82
Figura 80.-Muestras tratadas con mucilagos de tuna y sábila	82
Figura 81.-Muestras tratadas con la mezcla de los mucilagos de Opuntia ficus(tuna/nopal) y Aloe vera (Sabila).A)Tratamiento con 70% de sábila/30% de tuna, no se observa ningún tipo de cambio en la muestra N° 3. B) 30% de sábila/70% tuna muestra N° 3 C) 50%sabila/50% tuna muestra N° 3	83

Figura 82.-Muestra N °2 tratada con 30% demucilago de sabila y 70% de mucilago de tuna

.....83



Resumen

En el presente trabajo de investigación se llevó a cabo con la finalidad de evaluar y comparar la capacidad flocculante y coagulante del mucílago tanto de la penca de la *Opuntia ficus-indica* (tuna) como el mucílago de la hoja de la *Aloe vera* (sábila) y la mezcla de ambos mucílagos, para el tratamiento de los efluentes textiles pertenecientes a la empresa Franky y Ricky S.A.

Se trabajaron a las concentraciones de 100 g/ 200 mL, 200 g/200 mL, 300 g/200 mL, 400 g/200 mL y 500 g/200 mL del mucílago tanto de la hoja de sábila y de la penca de la tuna. Se evaluaron parámetros como conductividad, pH, Sólidos totales, Sólidos sedimentables, Sólidos disueltos, turbidez, empleando diferentes equipos como multiparámetro, turbidímetro, y siguiendo metodologías realizadas en previas investigaciones. Obteniendo resultados positivos para el tratamiento a partir de mucílago de la penca de tuna, a una concentración de 500 g/200mL de agua destilada en una dosis de 10 mL de mucílago para 150 mL de muestra de agua tinturada.

Al tratar con la mezcla de ambos mucílagos, se observó el efecto coagulante flocculante pero en menor efectividad, ya que los flóculos formados eran de menor tamaño y consistencia el mucílago de Aloe vera (sábila) reduce la capacidad coagulante-flocculante del mucílago de *Opuntia ficus-indica* (tuna o nopal)..

Palabras Claves: Aloe vera (Sábila), *Opuntia ficus-indica* (Nopal), Mucílago de tuna, mucílago de sábila, penca, hoja, turbidez, conductividad, sólidos totales, sólidos disueltos, sólidos suspendidos

Abstract

In the present research work was carried out in order to assess and compare the flocculant and coagulant ability of the mucilage of the stalk of the *Opuntia ficus - indica* (Prickly pear) as the mucilage from the leaf of the *Aloe vera* (Aloe Vera) for the treatment of textile effluents belonging to the company Franky and Ricky S.A.

Worked at the concentration of 100 g / 200 mL, 200 g / 200 mL, 300 g / 200 mL, 400 g / 200 mL and 500 g / 200 mL of the mucilage of Aloe Vera and the stalk of the *Opuntia ficus-indica*. Parameters were evaluated as conductivity, pH, total solids, settleable solids, dissolved solids, turbidity, employing different equipment as multiparameter, turbidimeter, and methodologies made in previous investigations. Positive results for the treatment from mucilage of *Opuntia ficus - indica*, to a concentration of 500 g / 200mL of distilled water in a dose of 10 mL of mucilage for 150 mL of tinted water sample.

Dealing with the mixture of both mucilage, I know observed the coagulant-flocculant effect but in less effectiveness, since the formed flocs were smaller in size and consistency the mucilage of *Aloe vera* (Aloe Vera) reduces the coagulant-flocculant capacity of the mucilage of *Opuntia ficus-indica* (tuna)

Keywords: *Aloe vera* (Aloe), *Opuntia ficus-indica* (Nopal), Tuna mucilage, aloe mucilage, leaf, turbidity, conductivity, total solids, dissolved solids, suspended solids

Introducción:

La contaminación de recursos hídricos hoy en día es generado por la industria, la agricultura, ganadería entre otras fuentes, para ello se han tenido que desarrollar sistemas de tratamiento de agua que faciliten una mejor calidad y una protección adecuada de los recursos hídricos (Sánchez et al, 2011).

En la depuración de agua residual industrial, es habitual someter estas a un tratamiento físico-químico previo a su descarga a la red de desagüe o receptores como ríos, pantanos, mares etc. Para ello el tratamiento más común o el más empleado es el de la coagulación –floculación. (Aguilar, Sáez, LLoréns, Soler, & Ortuño, 2002)

Por ello surge como alternativa para el tratamiento de aguas residuales la utilización de extractos naturales de plantas para la clarificación del agua cruda (Dorea, 2006). Gracias a las diferentes investigaciones generadas en los últimos años, realizadas con el fin de buscar alternativas eco-amigables para el tratamiento de aguas residuales, podemos decir que el empleo de la tuna ha sido una de las respuestas a la problemática de contaminación generada por el empleo de grandes cantidades de químicos aplicados en la industria, también es aplicada para la clarificación de agua de lluvia, lagos y lagunas. Una gran alternativa natural que se encuentra a nuestra disposición a bajo costo y que sobre todo no contamina nuestro medio ambiente.

Las industrias textiles generan grandes volúmenes de aguas residuales contaminadas con colorantes. Debido a su alto peso molecular, sus estructuras complejas y especialmente a su alta solubilidad en el agua los colorantes usados por este tipo de industrias muestran gran persistencia en el ambiente. (Lujano, Roa, Ramírez, Barrera,, & Balderas); Estos efluentes poseen elevadas concentraciones de colorantes, contaminantes orgánicos refractarios, compuestos tóxicos, componentes inhibidores, tensioactivos, componentes clorados. Por lo tanto, se constituyen en uno de los efluentes de más difícil tratamiento. (Ghoreischi & Haghghi, 2011)

“Es interesante mencionar que los polielectrólitos naturales se han utilizado por muchos siglos en los países en desarrollo para clarificar agua”. (Vasquez Gonzales, 1994)

Por ello el mucilago de tuna que en su composición posee un gran porcentaje de polisacáridos se caracteriza por su “Capacidad muy alta para formar geles, debido a su compleja estructura molecular y a su gran capacidad de hidratación (hasta un 80% de incremento en peso). - Alta capacidad complejante, responsable de la retención de los iones metálicos; capacidad biodegradable - Mínima toxicidad en polímeros naturales por lo que se les usa en muchos casos como alimentos o aditivos en diversos productos.” (Vasquez Gonzales, 1994)

El mucilago de la sábila posee una composición similar al mucilago de la penca de tuna “El gel de Alóe vera contiene alrededor de 98,5% de agua, es rico en mucílagos. Los mucílagos se caracterizan por estar formados por ácidos galacturónicos, glucorónicos y unidos a azúcares como glucosa, galactosa y arabinosa. También están presentes otros polisacáridos con alto contenido en ácidos urónicos, fructosa y otros azúcares hidrolizables”. (Vega G, Ampuero C, Díaz N., & Lemus M., 2005); Por cual, el empleo del mismo en el proceso de clarificación puede ser una alternativa, no se han encontrado investigaciones acerca del uso del mucilago de la hoja de sábila para su empleo en procesos de tratamiento de aguas residuales y que posea acción clarificante.

Los colorantes, aún a bajas concentraciones, son altamente visibles y, dependiendo del proceso usado y de la normatividad vigente (por ejemplo, 1 ppm como concentración límite permisible en ríos para el caso del Reino Unido), es posible requerir de una reducción hasta del 98% de la concentración del colorante presente en el efluente industrial. Por esta razón, existe una fuerte demanda de tecnologías que permitan eliminar el color en estos efluentes y así hacer posible reciclar el importante volumen de agua que se consume durante el proceso. La degradación microbiana o enzimática podría permitir el reuso del agua tratada, ya que las enzimas solo atacan las moléculas del colorante, debido a su alta especificidad y dejan intactas los aditivos y las fibras (Kandelbauer & Guebitz G.M., 2005)

Debido a la contaminación ambiental que generan los efluentes de la industria textil, la eliminación de los colorantes en este tipo de efluentes representa un reto tecnológico en los procesos de tratamiento de aguas residuales. Existen métodos que se utilizan en el tratamiento de aguas residuales con colorantes que pueden aplicarse de manera eficiente y se encuentran disponibles comercialmente. Algunas tecnologías son altamente específicas y con costos elevados, por lo que no se aplican para una amplia variedad de colorantes y no resuelven totalmente el problema de la decoloración (Kuhad , Sood , Tripathi, Singh, & Ward, 2004).

Por lo anteriormente expuesto, es necesario efectuar trabajos de investigación de interés Biotecnológico que ayuden a fomentar conocimiento más amplio y profundo acerca de las características floculantes y coagulantes tanto de la penca de Aloe vera (sábila) y la penca de Opuntia ficus-indica (tuna/Nopal). Por este motivo este trabajo de investigación se llevó a cabo con la finalidad de verificar la acción coagulante-floculante de la tuna y sábila en agua residual textil, de la misma forma ver la respuesta de la mezcla de ambos mucilagos para el proceso de clarificación, permitiendo también establecer una comparación de efectividad entre ambos mucilagos.

Teniendo como alternativa un proceso de clarificación de menor impacto con el medio ambiente, y que permita el reúso del agua.

Estos coagulantes naturales están los de origen orgánico se encuentran en ciertas plantas incluyen semillas en polvo del árbol de la Moringa olifeira, semillas de durazno en polvo, la penca de tuna y la yuca también conocida como fariña o mandioca (Okunda, Baes, Nishjimina, & Okanda, 2001)

El empleo de floculantes orgánicos en este trabajo de investigación nos servirán como elementos de comparación en la afectividad que puedan tener contra los coagulante-floculantes orgánicos en este caso Chemlok 20140 ® como floculante y Ferrocryl® como coagulante, actúan de forma instantánea y eficaz, permitiendo una clarificación optima, permitiendo reutilizar los efluentes residuales tratados, pero a la vez generando una gran carga contaminante provocada por los residuos generados es decir los lodos activados

Objetivos

- **Objetivo General**

Evaluar y comparar la efectividad de floculantes-coagulantes naturales Sábila (*Aloe vera*) y Nopal (*Opuntia ficus-indica*) y orgánicos (Ferrocryl® y Chemlok 2040®) en el tratamiento de aguas residuales del proceso teñido de la empresa Frank y Ricky S.A.

- **Objetivo Especifico**

- Obtener floculantes naturales a partir de *Aloe vera* y *Opuntia ficus-indica*, evaluar la efectividad sobre las muestras de agua textil provenientes de la empresa Franky y Ricky S.A.
- Evaluar la efectividad coagulantes y floculantes orgánicos (Ferrocryl® y Chemlok 2040®) para el tratamientos de las muestras de agua textil provenientes de la empresa Franky y Ricky S.A.
- Comparar cuál de los 3 tipos de floculantes es más efectivo ya sea el proveniente de Sábila (*A.vera*), Nopal(*O. ficus-indica*) o el resultante de la mezcla de *A.vera* más *O. ficus-indica*, teniendo como parámetros el tiempo de formación de flóculos y sedimentación

- **Hipótesis**

Debido a los estudios previos acerca de la capacidad coagulante -floculante de *A. vera* y *O. ficus* en plantas mineras y plantas de tratamiento de agua potable, es probable, que el resultado sobre aguas tinturadas provenientes del proceso de teñido de la planta industrial de Franky y Ricky S.A. podría ser igual de alentador, ya sea usando el coagulante-floculante tradicional elaborado a partir *Aloe vera*, u *Opuntia ficus indica* o, potenciando esta capacidad coagulante-

floculante ,con la mezcla del mucílago proveniente de los dos tipos de especies vegetales.



CAPITULO I: MARCO TEÓRICO

1.1 *Opuntia ficus-indica* (Penca de tuna/Nopal)

1.1.1 Generalidades

Opuntia ficus-indica (penca de tuna/nopal):

El nopal tiene como origen el continente americano; se encuentra distribuido desde el Canadá hasta Argentina, especialmente en zonas áridas o semiáridas. Gracias a sus características morfológicas y fisiológicas que presenta, le permite soportar condiciones ambientales desde escasa precipitación hasta altas y bajas temperaturas.

Los cladodios, más conocidos como penca de tuna o pala de tuna, son articulados aplanados y con tejidos carnosos; la forma y el grosor de las pencas es variable, así como su color, el mismo que varía del verde claro hasta el gris o ceniza, según la edad de la planta (Guzmán Loayza & Chávez, 2007). La penca de tuna o nopal se encuentra protegida por una cutícula gruesa que, en ocasiones, está cubierta de cera o pelos que disminuyen la pérdida de agua, ya que poseen abundante parénquima, por ende el mucilago producido por la planta tiene como finalidad retener el agua para que esta no se pierda ya que el nopal vive en una zona no húmeda con altas temperaturas. Su tronco es. Sus ramas están formadas por. El cladodio fresco recibe el nombre de nopalito y el adulto de penca (Abraján Villaseñor, 2008).

El fruto es una baya con ovario ínfero simple y carnosos, su tamaño es variable al igual que el color. La epidermis de los frutos es semejante al de los cladodios, incluso con areolas y abundantes gloquidios, el grosor de la cascara es variable, al igual que la cantidad de pulpa.(Saenz, 2006).

La tuna pertenece al reino vegetal, subreino Embryophita, División Angiospermae, Clase Dicotyledonea, Subclase Dialipetalas, Orden Opuntiales, Familia Cactacea, Subfamilia Opuntioideae, Tribu Opuntia, Género Opuntia. (Kiesling,2001)

1.1.2 Composición química general de la penca de la *Opuntia ficus-indica* (penca de tuna/ nopal)

“El nopal fuente natural de polisacáridos como la pectina, celulosa, hemicelulosa, y mucilago. El mucilago de la penca de tuna contiene Ácido poligalacturonico, mas residuos de azucares como D-galactosa; D-xilosa, L-arabinosa, y D-ácido galacturonico” (Carrión López, 2014). “La composición química de la penca de tuna, y en general de las cactáceas, varía en las distintas especies y también dentro de una misma especie; así el contenido de cenizas en base húmeda para *O. ficus indica* es 2,1% y; 0,22% calcio, hierro 0,027%, indicios de cobalto, cobre, fósforo, magnesio y sílice; proteínas de 1,07% en base húmeda. Los carbohidratos que se encuentran en este tipo de vegetal son monosacáridos, disacáridos y 5 polisacáridos” (Granados & Castañeda P). El espectro infrarrojo de un polímero natural obtenido de la Tuna, mostró la presencia de grupos tiol (S-H), grupos nitroso (NO₂), hidroxilos (O-H), enlaces carbono-carbono (C-C), hidrocarburos insaturados (C-H), enlace (C-O), puede deberse a la presencia de alcoholes, esterres o éteres. (Almendares ,2004)

(Guzmán Loayza & Chávez, 2007) nos muestran los siguientes resultados:

Componente	Cladodio de 1 mes de edad(aprox)	Cladodio de 1 año de edad (aprox)
Humedad %	92.57	94.33
Proteína(x 6.25) %	0.94	0.48
Grasa %	0.17	0.11
Fibra %	0.3	1.06
Cenizas %	0.08	1.6
Carbohidratos %	5.96	2.43
Vitamina C(mg/100 g*)	37.27	23.11
Ca %	0.042	0.339
Na %	0.0018	0.0183
K %	0.00098	0.145
Fe %	0.0792	0.322

*Los resultados se dan en mg de ácido ascórbico / 100g de penca fresca

Tabla 1. Composición química proximal de cladodios de nopal amarillo Expresado en base húmeda

1.1.3 Usos de la penca de tuna

La penca de tuna tiene muchas aplicaciones en la industria tanto en procesos de tratamiento de aguas residuales como en el área alimentaria, nutrición, prevención y tratamiento de enfermedades.

1.1.3.1 *Cladodio:*

“En el cladodio podemos encontrar pectina, la cual es responsable de la viscosidad, también podemos encontrar el mucilago, estos compuestos son considerados dentro del grupo de los hidrocoloides, por su gran cantidad de captar y retener agua, encontramos la pectina ya mencionada con anterioridad; Específicamente la presencia de los mucilagos es muy empleado en el área alimentaria para la elaboración de gelatinas espesantes de alimentos, jaleas y persevantes de alimentos” (Guzmán Loayza & Chávez, 2007).

“En el área de tratamiento de aguas residuales, el uso del nopal como una alternativa de coagulante –floculante natural, teniendo una efectividad comprobada pero en menor proporción que los químicos convencionales utilizados,”. (Villabona Ortiz, Paz Astudillo, & Martínez García, 2013)

1.1.3.1.1 Fruto:

El fruto es una parte de la planta del nopal , es la más consumida de carácter perecible, destinada para el consumo humano ya sea directamente como fruto o procesada con diferentes tecnologías para su conservación y darle valor agregado (Saenz, 2006).

1.1.3.1.2 Operaciones de campo para la utilización de los nopales

1.1.3.1.3 Producción

“Para la producción de pencas el material que se utiliza para la plantación puede ser asexual a partir de pencas enteras o sus trozos, también encontramos la técnica de micropropagación, estas generalmente se encuentran enraizadas y requieren un suelo con mejores condiciones de preparación, como es la humedad. A pesar que el nopal no requiere de mucha agua es decir la necesita pero en mínimas cantidades ya que crece en zonas áridas, algunas investigaciones indican que es necesario proporcionar

una cierta cantidad de agua durante el periodo seco a fin de aumentar la producción y obtener tunas de calidad”. (Saenz, 2006).

1.1.3.2 Cosecha

1.1.3.2.1 Nopalito (Penca de tuna)

“La cosecha del nopalito se realiza manualmente, utilizando como herramienta un cuchillo, con el cual se corta la base de la penca. Este procedimiento se debe realizar dos o tres horas después que sale el sol. Para evitar daño en la base de la penca de la tuna evitando así un alto grado de acidez, evitando el ingreso de microorganismos que provocaran la pérdida de peso de la misma” (Saenz, 2006).

1.2 Aloe vera (sábila)

1.2.1 Generalidades

“ (Vega G, Ampuero C, Díaz N., & Lemus M., 2005) La planta de Aloe vera es originaria de África, específicamente de la península de Arabia. Su nombre genérico Aloe proviene del término árabe alloeh que significa sustancia brillante y amarga, se le denomina también con el nombre de sábila”

“El *Aloe vera* pertenece al reino Plantae; división: Magnoliophyta; clase: Liliopsida; orden: Liliales; familia: Liliaceae; género: Aloe; especie: *Aloe Barbadosis* (Miller); nombre común: Aloe vera. La planta *Aloe vera* o *Aloe Barbadosis* Miller es la variedad más empleada en todo el mundo para la medicina curativa, de hojas elongadas, carnosas y ricas en agua, alcanza una altura de 50 a 70 cm; con tallos de 30 a 40 cm de longitud, poseen el borde espinoso dentado; las flores son tubulares, colgantes, amarillas. Esta planta es xerófila, o sea, se adapta a vivir en áreas de poca disponibilidad de agua y se caracteriza por poseer tejidos para el almacenamiento de agua”. (Ferraro, 2009)

1.2.2 Descripción botánica

La estructura de la hoja es un núcleo gelatinoso y transparente (pulpa) envuelto por una fina capa líquida de color amarillo (acíbar) protegido todo ello por la corteza externa verde. Después de tres años de vida de la planta, el gel contenido en las duras

hojas verdes externas está al máximo de su contenido nutricional. Las más recientes investigaciones concluyen que el efecto conjunto de todos los elementos de la hoja produce un efecto sinérgico natural inigualado por ningún otro producto conocido (Garcés Mendoza , 2004).

1.2.3 Composición Química

“La planta de Aloe vera está compuesta de raíz, tallo, hojas y flores en época de floración. Las hojas crecen alrededor del tallo a nivel del suelo en forma de roseta, crece el tallo desde el centro hacia arriba, que al florecer forma densos racimos de flores amarillas o rojas”. (Reynolds & Dweck , 1999) “Las hojas tienen formas lanceoladas y dentadas con pinchos que le sirven de protección a la planta. La estructura de las hojas está formada por el exocarpio o corteza, la cual está cubierta de una cutícula delgada. La corteza representa aproximadamente del 20 al 30% del peso de toda la planta y dicha estructura es de color verde o verde azulado, dependiendo de diversos factores tales como: el lugar, clima o nutrición de la planta. El parénquima, conocido comúnmente como pulpa o gel se localiza en la parte central de la hoja y representa del 65 al 80 % del peso total de la planta” (Domínguez-Fernández, y otros, 2012).

“ (Domínguez-Fernández, y otros, 2012) nos dicen que el mucílago de la sábila está compuesto por : antraquinonas, vitaminas, minerales, carbohidratos, enzimas, lípidos y compuestos orgánicos, aminoácidos”.

COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL MUCILAGO DE SABILA	
antraquinonas	ácido aloético, antranol, ácido cinámico, barbaloina, ácido crisofánico, emodina, ale-emodín, éster de ácido cinámico, aloína, isobarbaloina, atraceno, resistanol
vitaminas	ácido fólico, vitamina B1, colina, vitamina B2, vitamina C, vitamina B3, vitamina E, vitamina E, vitamina B6, beta- caroteno
minerales	calcio, magnesio, potasio, zinc, sodio, cobre, hierro, manganeso, fósforo, cromo
carbohidratos	celulosa, galactosa, glicosa, xilosa, manosa, arabinosa, aldopentosa, glucosa, fructuosa, acemanano, sustancias peptídicas, L-ramnosa
enzimas	amilasa, ciclooxigenasa, carboxipeptidasa, lipasa, bradikina, catalasa, oxidasa, fosfatasa alcalina, ciclooxigenasa, superóxido dismutasa
lípidos y compuestos orgánicos	esteroides (campesterol, colesterol, ácido salicílico, sorbato de potasio, triglicéridos, lignina, ácido úrico, saponinas giberelina, triterpenos
aminoácidos	alanina, ácido aspártico, arginina, ácido glutámico, glicina, histidina, isoleucina, lisina, metionina, fenilalanina, prolina, tirosina

Tabla 2. Composición química del mucilago de penca de la sábila

1.2.4 Siembra

“La siembra de Sábila en el campo se hace por trasplante, para ello es necesario producir las plantitas en vivero y luego llevarlas al campo. Estas pueden reproducirse por división de la raíz o rizoma mientras.” (Garcés Mendoza , 2004)

1.3 Floculantes y coagulantes

1.3.1 Coagulante y Coagulación

Los coagulantes son aquellos que logran la desestabilización en la partícula coloidal, estas partículas coloidales están cargadas eléctricamente y presentan una doble capa eléctrica que le da estabilidad al sistema. De acuerdo con la teoría de la doble capa eléctrica y la regla de Schultze-Hardy se plantea que los agentes coagulantes deben tener cargas positivas contrarias al ión determinante del potencial en la partícula en las aguas residuales (generalmente negativas) por ende a mayor

carga tendrá mejores características coagulantes, a todo este proceso se le denomina coagulación. Entre las variables que afectan el proceso se encuentran el tipo de coagulante, la dosis en que se emplea, pH del medio y el tiempo de la agitación que se emplea en la mezcla del coagulante con el agua residual. (Hernández, 1994)

La coagulación es el método más importante para la remoción de partículas coloidales y suspendidas (80-90% de remociones) del agua en su potabilización (Metcalf, 1979)

1.3.1.1 Mecanismos de Coagulación

La desestabilización se puede obtener por los mecanismos fisicoquímicos siguientes (Andía Cárdenas, 2000):

1.3.1.1.1 Comprensión de la doble capa

Cuando se aproximan dos partículas semejantes, sus capas difusas interactúan generando una fuerza de repulsión, que está en función de la distancia que los separa y cae rápidamente con el incremento de iones de carga opuesta al de las partículas del coagulante.

Dentro del agua superficial las partículas coloidales son las causantes de la turbiedad y del color por lo que el tratamiento del agua está orientado a la remoción de estas partículas que poseen normalmente una carga eléctrica negativa en su superficie. Estas cargas se denominan primarias atraen los iones positivos del agua, los cuales se adhieren fuertemente a las partículas y atraen a su alrededor iones negativos acompañados de una débil cantidad de iones positivos.

Los iones que se adhieren fuertemente a la partícula y se desplazan con ella formando la capa adherida o comprimida, mientras los iones que se adhieren débilmente forman la capa difusa, en consecuencia hay un gradiente electrostático entre la superficie de la partícula y la solución llamado Potencial Zeta (Diaz Claros, 2014)

1.3.1.1.2 Absorción y Neutralización de Cargas

Las partículas coloidales poseen carga negativa en su superficie, estas cargas llamadas primarias atraen los iones positivos que se encuentran en solución dentro del agua y forman la primera capa adherida al coloide. El potencial en la superficie del plano de cizallamiento es el potencial electrocinético – potencial ZETA, este potencial rige el desplazamiento de coloides y su interacción mutua. Después de la teoría de la doble capa la coagulación es la considerada como la anulación del potencial obtenido por adición de productos de coagulación – floculación, en la que la fuerza natural de mezcla debido al movimiento browniano no es suficiente requiriéndose una energía complementaria necesaria; por ejemplo realizar la agitación mecánica o hidráulica. Cuando se adiciona un exceso de coagulante al agua a tratar, se produce a la re estabilización de la carga de la partícula; esto se puede explicar debido a que el exceso de coagulante son absorbidos en la superficie de la partícula, produciendo una carga invertida a la carga original. (Andía Cárdenas, 2000)

1.3.1.1.3 Adsorción y Puente

En cualquier caso, se obtiene el tratamiento más económico utilizando un polímero aniónico, cuando las partículas están cargadas negativamente. Este fenómeno es explicado por la teoría del “puente”. Las moléculas del polímero muy largas contienen grupos químicos que pueden absorber las partículas coloidales. La molécula de polímero puede así absorber una partícula coloidal en una de sus extremidades, mientras que los otros sitios son libres para absorber otras partículas. Por eso se dice que las moléculas de los polímeros forman el “puente” entre las partículas coloidales. Esto puede tener una restabilización de la suspensión, por una excesiva carga de polímeros. (Andía Cárdenas, 2000)

1.3.2 Flocculante-Floculación

La floculación trata la unión entre los flóculos ya formados con el fin de aumentar su volumen y peso de forma que pueden decantar. Consiste en la captación mecánica de las partículas neutralizadas dando lugar a un entramado de sólidos de mayor volumen. De esta forma, se consigue un aumento considerable del tamaño y la

densidad de las partículas coaguladas, aumentando por tanto la velocidad de sedimentación de los flóculos. (Cabrera Bermúdez, Fleites Ramírez, & Contreras Moya, 2009)

1.3.2.1 Influencia de la Dosis del Coagulante

La cantidad del coagulante a utilizar tiene influencia directa en la eficiencia de la coagulación, así: ° Poca cantidad del coagulante, no neutraliza totalmente la carga de la partícula, la formación de los microfloculos es muy escaso, por lo tanto la turbiedad residual es elevada. Alta cantidad de coagulante produce la inversión de la carga de la partícula, conduce a la formación de gran cantidad de microfloculos con tamaños muy pequeños cuyas velocidades de sedimentación muy bajas, por ende la turbiedad residual es igualmente elevada. ° La selección del coagulante y la cantidad óptima de aplicación; se determina mediante ensayos de pruebas de jarra. (Andía Cárdenas, 2000)

1.3.2.2 Clasificación de los floculantes

Según su naturaleza química, los floculantes pueden clasificarse en floculantes orgánicos e inorgánicos. Los floculantes inorgánicos (electrolitos) son sales solubles en agua, generalmente formadas por cationes polivalentes, siendo la más utilizada las sales de hierro, aluminio y sílice.

Los floculantes orgánicos pueden ser naturales (polisacáridos) y sintéticos (polímeros) que poseen grupos activos distribuidos a lo largo de su cadena. Los floculantes orgánicos sintéticos, son eficaces a bajas concentraciones y pueden encontrarse como productos no iónicos o como floculantes catiónicos y aniónicos de diversos pesos moleculares (generalmente elevados), distinta densidad de carga y de una eficacia del pH (Gonzales, 2008)

(Aoki & Adachi, 2006) Las dosis de polímero y su naturaleza entre otras variables son cruciales en el proceso de floculación ya que determinan su mecanismo.

1.3.2.3 Floculantes orgánicos naturales

Son polímeros naturales extraídos de sustancias animales o vegetales. Entre ellos tenemos los almidones extraídos de la papa, yuca y extracto de semillas de plantas (Degremont, 1992) Existen otros floculantes orgánicos naturales (polisacáridos y derivados de celulosa) principalmente utilizados en la industria del papel, hidrometalurgia textiles etc. (Okunda, Baes, Nishijima, & Okanda, 2001)

1.3.2.4 Floculantes orgánicos de síntesis

Según (Degremont, 1992), son los más utilizados y son macromoléculas de una gran cadena, obtenidos por asociación de monómeros sintéticos con masa molecular elevada de 10^6 a 10^7 g/mol, se clasifican de acuerdo a la ionicidad de los polímeros:

- Aniónicos (generalmente copolímeros de la acrilamida y del ácido acrílico)
- Neutros o no iónicos (poliacrilamidas).
- Catiónicos (copolímeros de acrilamidas+ un monómero catiónico).

1.3.3 Mecanismos de floculación

(De Vargas) Nos dice que normalmente, la floculación proceso causado por la colisión entre partículas. En ella intervienen, en forma secuencial, tres mecanismos de transporte:

- 1) Floculación pericinética o browniana. Se debe a la energía térmica del fluido.
- 2) Floculación ortocinética o gradiente de velocidad. Se produce en la masa del fluido en movimiento.
- 3) Sedimentación diferencial. Se debe a las partículas grandes, que, al precipitarse, colisionan con las más pequeñas, que van descendiendo lentamente, y ambas se aglomeran. .

1.3.4 Proceso de coagulación-floculación

“(Bueno, 1997.)El proceso de coagulación–floculación consiste en añadir al agua o agua residual determinados aditivos químicos con el objetivo de favorecer la sedimentación de materia coloidal no sedimentable o aumentar la rapidez de sedimentación por la formación de flóculos”

“(Ramírez, 1992)Se plantea que para romper la estabilidad de las partículas coloidales y separarlas, es necesario realizar tres operaciones, son la coagulación, la floculación y la decantación o flotación posterior”

La floculación y coagulación son dos procesos dentro de la etapa de clarificación del agua. Ambos procesos se pueden resumir como una etapa en la cual las partículas se aglutinan en pequeñas masas o flóculos, hasta que sus pesos específicos superen al del agua y precipiten. (Alcarraz C, Gamarra B, Castro L, & Godoy A, 2010)

1.3.5 Afinidad de las partículas coloidales por el agua

Estas partículas se caracterizan por ser hidrofílicas es decir tienen afinidad por el agua e hidrófobas aquellas que rechazan el agua, el primer tipo se caracteriza porque se dispersa espontáneamente dentro del agua y son rodeadas de moléculas de agua que previenen todo contacto posterior entre estas partículas; las partículas hidrofóbicas no son rodeados de esta molécula de agua, su dispersión en el agua no es espontaneo por lo cual requiere de ayuda de medios químicos y físicos. Las partículas hidrófobas son generalmente materias inorgánicas mientras que las hidrofílicas son materias orgánicas (Díaz Claros, 2014).

1.3.6 Chemlok 2040®

Chemlok 2040® es un floculante aniónico de alto peso molecular (poliacrilamida). “La poliacrilamida aniónica es un copolímero de ultra peso molecular que está constituido por la acrilamida y el acrilato. El peso molecular puede llegar de hasta más de 12 millones. Cuenta con un buen efecto de la adsorción y se puede elegir el peso molecular según los requisitos del usuario”. (Productos químicos para tratamiento de aguas). Este producto es utilizado para diferentes aplicaciones tales

como: Tratamiento de efluentes industriales, especialmente para aguas que contienen altas concentraciones de partículas catiónicas y de pH entre neutro a básico, por ejemplo siderúrgicas, plantas de galvanizado, refinería de carbón, tratamiento de jugos de caña., tratamiento de agua. El agua de río contiene una alta carga de tierra y sustancias minerales que aún después de una sedimentación y filtración, dejan turbia el agua. Normalmente se utilizan floculantes inorgánicos que no tienen una buena efectividad. El Chemlok 2040 ®. Puede ser 10 veces más efectivo con sólo 2% de la dosis del floculante inorgánico utilizado. También puede ser utilizado en el tratamiento de agua contaminada con sustancias orgánica. (DYSICHEM, 2016)

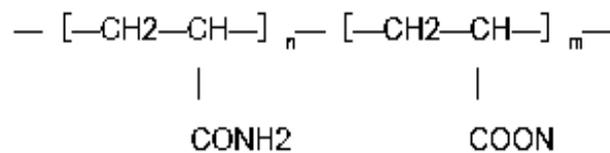


Figura 1. Poliacrilamida aniónica (Chemlok 2040®)

1.3.7 Ferrocryl ®

Propiedades: Agente floculante/coagulante para la decoloración de aguas residuales textiles con alta afinidad a los colorantes aniónicos e hidrolizados reactivos (ALFA S.A.C , 2016). “La poliamina de la Epi-Amina polivinílica polímeros catiónico, que trabaja eficazmente como floculantes, coagulantes y agentes primarios de la neutralización de la carga en procesos líquido-sólidos de la separación en una gran variedad de industrias”. (Floculante de la poliamina del tratamiento de aguas de la Epi-Amina polivinílica , 2007).

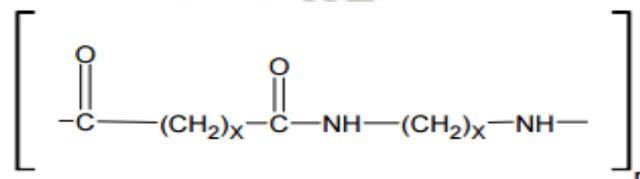


Figura 2. Estructura química del Ferrocryl ®

1.3.8 Características químicas y físicas

Características químicas y físicas	
Composición química:	Amina condensada
Carácter iónico:	Catiónico
Aspecto:	Líquido amarillento
Solubilidad:	Soluble en agua fría
pH en solución al 10% (20°C):	5 (+/- 0,5)
Estabilidad:	Es estable a los electrolitos
Finalidad de su aplicación:	Floculante para aguas residuales.
Estabilidad al almacenaje:	6 meses en su envase original
Compatibilidad:	Compatible con productos no-iónicos y catiónicos en medio ácido

Tabla 3 Características químicas y físicas del Ferrocryl® (coagulante)

1.3.9 Ventajas de utilizar Coagulantes y floculantes orgánicos

(Gurdían Lopez & Coto Campos, 2011) Entre las ventajas de utilizar sustancias naturales para el tratamiento de aguas residuales se encuentran: Baja toxicidad del efluente y de los lodos generados, alta biodegradabilidad de los lodos y de las sustancias naturales que permanecen en el efluente, disminución de costos de adquisición e importación (si se utilizan sustancias o desechos locales) y aprovechamiento de desechos industriales y agropecuarios.

1.4 Colorantes

Los colorantes utilizados en la industria textil pueden primero dividirse en materias colorantes (materiales solubles) y pigmentos (materiales insolubles). En segundo término, los colorantes pueden organizarse según sus aplicaciones tecnológicas – colorantes reactivos, colorantes dispersos, colorantes tina, colorantes con mordiente, colorantes ácidos/básicos, colorantes directos, colorantes metal-complejos y

pigmento. Podemos ver que los colorantes se distinguen entre naturales y artificiales. Los que se emplean actualmente en la industria textil son artificiales, en tan alto porcentaje que muy bien podría decirse que lo son en su totalidad. (Villegas Pita, 2012).

1.4.1 Colorantes Reactivos

Son materiales colorantes que además de ser absorbidos por la fibra son capaces de formar enlaces covalentes con la celulosa a un pH alcalino y a temperaturas de entre 20 y 100 °C. La estructura de un colorante reactivo contiene 3 grupos funcionales: el grupo cromóforo que son los responsables del color, los grupos solubilizantes, estos son grupos sulfónicos responsables de la solubilidad, los grupos Reactivos estos caracterizan a los colorantes reactivos. (Molina Rodríguez, 2011)

Estos colorantes son empleados en la tintura de fibras celulósicas, mediante reacción química con las moléculas de celulosa. Encontramos dos tipos: Colorantes reactivos que forman ésteres de celulosa y éteres de celulosa; Los primeros tienen anillos heterocíclicos en su molécula y su reacción se basa en sustitución nucleófila De entre los segundos, unos son vinisulfónicos y otros acrilamídicos. Su reacción se basa en el doble enlace $-C=C-$ que son capaces de formar en un medio alcalino, adicionando núcleos(Figura N°3). Los colorantes reactivos deben aplicarse en un medio acuoso y con una buena agitación ya que en ellos compiten tres reacciones: reacción entre colorante y fibra, reacción entre agua y colorante (hidrolisis), y auto asociación o reacción entre moléculas de colorante, la reacción que se desea es la primera la segunda puede reducirse considerablemente controlando el pH y la temperatura lo que es de vital importancia. Estas sustancias son solubles en medio ácido, neutro o básico, poseen una estructura molecular no saturada. Es decir son electrónicamente inestables y por eso absorben energía a determinada longitud de onda, si fueran estables absorberían todas o rechazarían todas. El resultado Los primeros tienen anillos heterocíclicos en su molécula y su reacción se basa en sustitución nucleófila. (Villegas Pita, 2012).

Estas sustancias son solubles en medio ácido, neutro o básico, poseen una estructura molecular no saturada. Es decir son electrónicamente inestables y por eso absorben

energía a determinada longitud de onda, si fueran estables absorberían todas o rechazarían todas. La molécula del colorante se compone de dos segmentos – la parte reactiva y la cromófora. La reactiva, puede ser cualquiera de las variadas clases de moléculas – e. g., vinilsulfona, clorotriazina, fluoro pirimidina, cloro pirimidina, fluoro pirimidina cloro. La más comúnmente usada es la molécula reactiva vinilsulfona. Las tinturas reactivas bi-funcionales tienen características y flexibilidad más altas de la reactividad con respecto a parámetros de variados procesos. (Sedlak) .

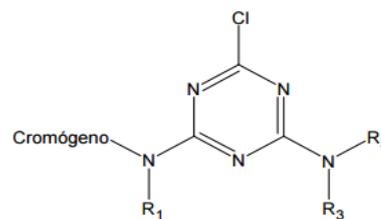


Figura 3. Estructura general de un colorante reactivo

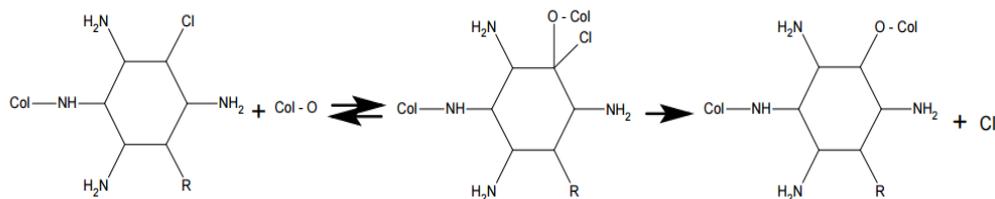


Figura 4. Estructura molecular colorante reactividad baja

1.5 Conductividad

Define la capacidad de una muestra de agua residual para dejar pasar la corriente eléctrica.

Depende del contenido de sales disueltas, siendo un indicador de su concentración, la conductividad se mide con un conductímetro normalmente en uS/cm; un exceso de la misma, por encima de los 2000 uS, provoca la rotura de la emulsión en los colorantes dispersos así como problemas en la igualación de los colorantes directos (Optimización de los niveles de contaminación del agua procedente de los procesos textiles)

La conductividad es una medida generalmente usada como indicador de la calidad de aguas dulces. Cada cuerpo de agua tiene un rango relativamente constante de

conductividad, que una vez conocido, puede ser utilizado como línea de base para comparaciones con otras determinaciones puntuales. Cambios significativos pueden ser indicadores eventos puntuales de contaminación. (Goyenola, 2007)

1.6 pH

El pH es un índice de la concentración de los iones de hidrógeno (H^+) en el agua. Se define como $-\log(H^+)$. Cuanto mayor sea la concentración de los iones de hidrógeno en el agua, menor será el valor del pH. La escala del pH va desde 0 a 14 donde: El agua con un pH inferior a 7 se considera ácida (mayor concentración de iones de H^+); El agua con un pH superior a 7 se considera básica (menor concentración de iones de H^+); El agua con un pH de 7,0 se considera neutral. Desde que la escala del pH es una escala logarítmica, un cambio de una unidad del pH (por ejemplo de 5,0 a 6,0) significa un cambio de 10 veces en la concentración de los iones de hidrógeno. (Guy)

1.7 Sólidos totales

“(Vivas , 2011.)Es la suma de los sólidos disueltos y los sólidos en suspensión”.

1.7.1 Sólidos disueltos

“(Fajardo, 2005)Los sólidos totales disueltos son la cantidad de materia sólida que permanece como residuo, posterior a la evaporación total de agua en una muestra a la cual no se le ha realizado ningún tipo de separación de sólidos”.

1.7.2 Los sólidos en suspensión

“(Fajardo, 2005)Son los sólidos no solubles que representan la diferencia entre los sólidos totales y los sólidos totales disueltos. Los sólidos totales se definen como la cantidad de materia sólida que permanece como residuo, posterior a la evaporación del agua”.

1.8 Turbidez

La turbidez es una medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión; mide la claridad del agua. Medida de cuántos sólidos (arena, arcilla y otros materiales) hay en suspensión en el agua. Mientras más sucia parecerá que ésta, más alta será la turbidez. (González Toro, 2011)

También la definición de turbidez está dada por la medida en que la luz, es absorbida o dispersada por la materia suspendida en el agua, la medida de la misma se hace mediante la utilización de un equipo llamado turbidímetro, teniendo una medida casi nula al igual que la cantidad de sólidos totales encontrados en el agua destinada para el teñido de fibras, ya que ambos tanto la turbidez como los sólidos pueden provocar manchas y desigualdades en las tinturas (Instituto tecnologico)

“(Lenntech, 2009) nos dice que la turbidez constituye un indicador general de la calidad de las aguas, aunque no ofrece información sobre un contaminante específico”



CAPITULO II: MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Materiales

2.1.1 Ambientes a utilizar

El presente trabajo se desarrolló en los laboratorios de la Universidad Católica Santa María, Arequipa-Perú

- Laboratorio H – 301
- Laboratorio H – 101

2.1.2 Materiales biológicos

- Penca o cladodio adulto de la tuna-*Opuntia ficus-indica*
- Hoja adulta de la sábila -*Aloe. Vera*

2.1.3 Equipos

- Balanza analítica KERN ABS
- Multiparámetro HANNA HI 98129.HI98130
- Estufa
- Equipo de filtración al vacío
- Turbidímetro HANNA HI93703-11
- Equipo de jarras
- Cono Imhoff

2.1.4 Reactivos

- Perifloc
- Chemlok 2040®

2.1.5 Material de vidrio

- Vaso de precipitado de 250 ml y 500ml
- Probeta de 100ml
- Bagueta

- Pipeta de 10 ml
- Embudo

2.1.6 Otros

- Agua destilada
- espátula
- Colador
- Capsulas de cerámica
- Papel filtro-lento
- Botellas de vidrio color ambar de 250 ml

2.2 Métodos

2.2.1 Obtención de los coagulantes-floculantes orgánicos Ferrocryl ® y Chemlok 2040 ®

El coagulante Ferrocryl® y el floculante Chemlok 2040 ® fueron proporcionados por la empresa textil Franky y Ricky S.A. los cuales fueron almacenados en botellas de vidrio; ambos productos químicos se encontraban a una concentración del 100% el Ferrocryl ® fue llevado a 5% y Chemlok® 2040 ®a 0.1%, por recomendaciones de la empresa que los fabrica y suministra.

2.2.2 Recolección de la muestra de *Aloe vera* (Sábila) y *Opuntia ficus-indica* (penca de tuna)

Se procedió a la recolección de ambas muestras tanto de *Aloe vera* como *Opuntia ficus-indica* del distrito de Paucarpata Pueblo tradicional- provincia de Arequipa, país Perú, teniendo en cuenta la edad de la planta, para ello se recolectaron plantas adultas, con mayor desarrollo de las hojas en el caso de la sábila y cladodio o penca en el caso de la tuna , para ello se utilizó un cuchillo de cocina se procedió a cortar la base de la penca y de la hoja con ayuda de guantes de cuero para evitar que las espinas se introduzcan en las manos , se guardaron en dos costales diferentes y fueron llevadas al laboratorio H-101.

2.2.3 Limpieza de las muestras

Para el caso de la penca de tuna se procedió a la extracción de las espinas mediante una escobilla metálica y lijar para evitar que queden residuos de las mismas sobre la superficie de la penca, se lavó con abundante agua y se dejaron secar al sol por unos minutos

Para la sábila solo se procedió a lavar y a eliminar las espinas laterales con la ayuda de un cuchillo de cocina.

En ambos casos tanto de la hoja de la sábila como de la penca de tuna, se retiró la corteza con la ayuda de un cuchillo, para luego ser cortada en pequeños pedazos para su posterior uso

La única diferencia que se manejó entre la penca de tuna y la hoja de sábila es que esta última se dejó en reposo durante la noche antes de ser pelada y picada para poder retirar por gravedad la mayor cantidad de acíbar

2.2.4 Extracción del mucílago de la penca de Tuna

Para la extracción del mucílago se pesaron trozos previamente pelados de la penca de tuna: 100 g, 200 g, 300 g, 400 g, y 500 g (Apaza Aquino) en la balanza analítica los cuales fueron colocados en diferentes beakers en donde se vertieron 200 ml de agua destilada a cada beaker respectivamente dejando reposar la pulpa de la penca de la tuna con el agua destilada por un periodo de 48 h, para luego mediante un proceso simple de filtración donde se empleó un colador pequeño de cocina y un embudo, se obtuvo el mucílago que se almacena en una botella de vidrio color ámbar, para su posterior uso.

2.2.5 Extracción del mucílago de la hoja de la Sábila

Para la extracción del gel se procedió a pesar 100g, 200g, 300g, 400g y 500g de pulpa de la hoja de la sábila en la balanza analítica, se colocaron en diferentes beakers y se vertieron 200 ml de agua destilada a cada vaso de precipitado, se dejó reposar por un periodo de 48 h, para luego mediante un proceso simple de filtración

donde se empleó un colador de cocina y un embudo se obtuvo el mucílago de la hoja de sábila que se almaceno en una botella de vidrio color ámbar.

2.2.6 Mezcla de los mucilagos de sábila y tuna

Se trabajaron con las siguientes concentraciones (30% sábila/70%tuna; 50% sabila/50%tuna; 70% sabila/30%tuna), estas concentraciones fueron trabajadas en base a la dosis optima obtenida tanto con el mucílago de la sábila como el mucílago de la penca de tuna, estas mezclas fueron almacenadas en botellas de vidrio , hasta su posterior uso

2.2.7 Recolección de la muestras de agua residual tinturada de la empresa Franky y Ricky S.A.

Para la toma de muestra se identificó la última piscina ubicada en la planta industrial de la empresa textil Franky y Ricky S.A. en donde llega el agua residual, para ello con la ayuda de un recipiente de plástico se recolecto muestra, y se vertió sobre una botella de vidrio estéril, inmediatamente la muestra fue llevada a analizarla al laboratorio de la Universidad Católica Santa María

2.2.8 Tratamiento aguas residuales de la empresa Franky y Ricky S.A. con Ferrocryl ® y Chemlok 2040® y determinación de la dosis optima

Para el tratamiento de aguas residuales con los coagulantes y floculantes orgánicos se trabajaron las siguientes dosis, (0.8 mL, 1.0 mL, 1.2 mL, 1.4 mL, y 1.6 mL), tanto para el Ferrocryl ® como para el Chemlok 2040® estas dosis fueron trabajadas de la siguiente forma, se determinó la dosis optima en base a la calidad de los flóculos formados y la clarificación determinada por la turbidez.

		FERROCRYL® 5%				
	DOSIS(mL)	0.8 mL	1.0 mL	1.2 mL	1.4 mL	1.6 mL
CHEMLOK 2040 ®(0.1%)	0.8 mL	0.8 mL/0.8 mL	0.8 mL/1.0 mL	0.8 mL/1.2 mL	0.8 mL/1.4 mL	0.8 mL/1.6 mL
	1.0 mL	1.0 mL/0.8 mL	1.0 mL/1.0 mL	1.0 mL/1.2 mL	1.0 mL/1.4 mL	1.0 mL/1.6mL
	1.2 mL	1.2 mL/0.8 mL	1.2 mL/1.0 mL	1.2 mL/1.2 mL	1.2 mL/1.04mL	1.2 mL/1.6 mL
	1.4 mL	1.4 mL/0.8 mL	1.4 mL/1.0 mL	1.4 mL/1.2 mL	1.4 mL/1.4 mL	1.4 mL/1.6 mL
	1.6 mL	1.6 mL/0.8 mL	1.6 mL/1.0mL	1.6 mL/1.2mL	1.6 mL/1.4mL	1.6 mL/1.6mL

Tabla 4. Dosis de Ferrocryl® y Chemlok 2040 ® probadas para hallar la dosis óptima

2.2.9 Tratamiento a las aguas residuales de la empresa Franky y Ricky S.A. con Mucílago de penca de *Opuntia ficus-indica*(penca de tuna/nopal), Mucílago de hoja de *Aloe vera* (hoja de sábila), determinación de la dosis óptima y medición de los parámetros fisicoquímicos

Para el tratamiento de aguas residuales con los coagulantes y floculantes naturales se trabajaron las siguientes dosis, (0.8 mL, 1.0 mL, 1.2 mL, 1.4 mL, y 1.6 mL), en el equipo de prueba de jarras, a diferentes concentraciones como 100g/200mL, 200g/200mL, 300g/200mL, 400g/200mL, 500g/200mL tanto para el mucilago de la penca de tuna, mucilago de la hoja de sábila, estas dosis fueron trabajadas de la misma forma que se hizo con los coagulantes-floculantes orgánicos , teniendo en cuenta la formación del flóculo y la turbidez.

Para la medición de los parámetros como solidos totales, pH y conductividad se empleó un multiparámetro el cual se encendió y se introdujo la parte del sensor del equipo en la muestra a analizar para luego visualizar los resultados en la pantalla y para la turbidez se empleó un turbidímetro el cual se vertió 10 mL de muestra en la celda se colocó en el equipo y se procedió a leer los resultados , para la medición de solidos disueltos y suspendidos se aplicó la metodología del manual de IDEAM (Carpio Galván, 2007) y el manual de la universidad politécnica de Valencia (Pachés Giner, Ruano García, & Martinez Guijarro, 2016)

2.2.10 Tratamiento a las aguas residuales de la empresa Franky y Ricky S.A. con la mezcla del Mucílago de penca de *Opuntia ficus-indica* (penca de tuna/nopal), y Mucílago de hoja de Aloe vera (hoja de sábila) y medición de los parámetros fisicoquímicos

Para el tratamiento de las aguas residuales se trabajaron las siguientes concentraciones: 30%tuna /70% de sábila, 50% tuna/50% sabila y 70%tuna/30% sábila, basadas en la dosis optima encontrada

Para la medición de los parámetros como solidos totales, pH y conductividad se empleó un multiparámetro el cual se encendió y se introdujo la parte del sensor del equipo en la muestra a analizar para luego visualizar los resultados en la pantalla y para la turbidez se empleó un turbidímetro el cual se vertió 10 mL de muestra en la celda se colocó en el equipo y se procedió a leer los resultados , para la medición de solidos disueltos y suspendidos se aplicó la metodología del manual de IDEAM (Carpio Galván, 2007) y el manual de la universidad politécnica de Valencia (Pachés Giner, Ruano García, & Martinez Guijarro, 2016)

2.2.11 Registro de datos

Para el registro de datos se empleó el programa computacional de Excel, elaborando tablas para su mayor entendimiento y gráficos para la comparación de los mismos datos

2.2.12 Evaluación estadística

Para poder determinar la efectividad de los diferentes mucílago tanto de la penca de tuna como del el mucilago de la hoja de sábila, se decidió emplear el programa estadísticos intervalos de confianza (MINITAB)

CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Medición de los parámetros de las muestras de agua sin tratar

El agua residual textil sin tratar tuvo como resultados para las muestra N°1: sólidos totales 4299ppm; sólidos suspendidos 166 ppm; sólidos disueltos 3879 ppm, un pH de 7.85, conductividad de 6.280 ms/cm y una turbidez de 67 NTU (Figura 5)

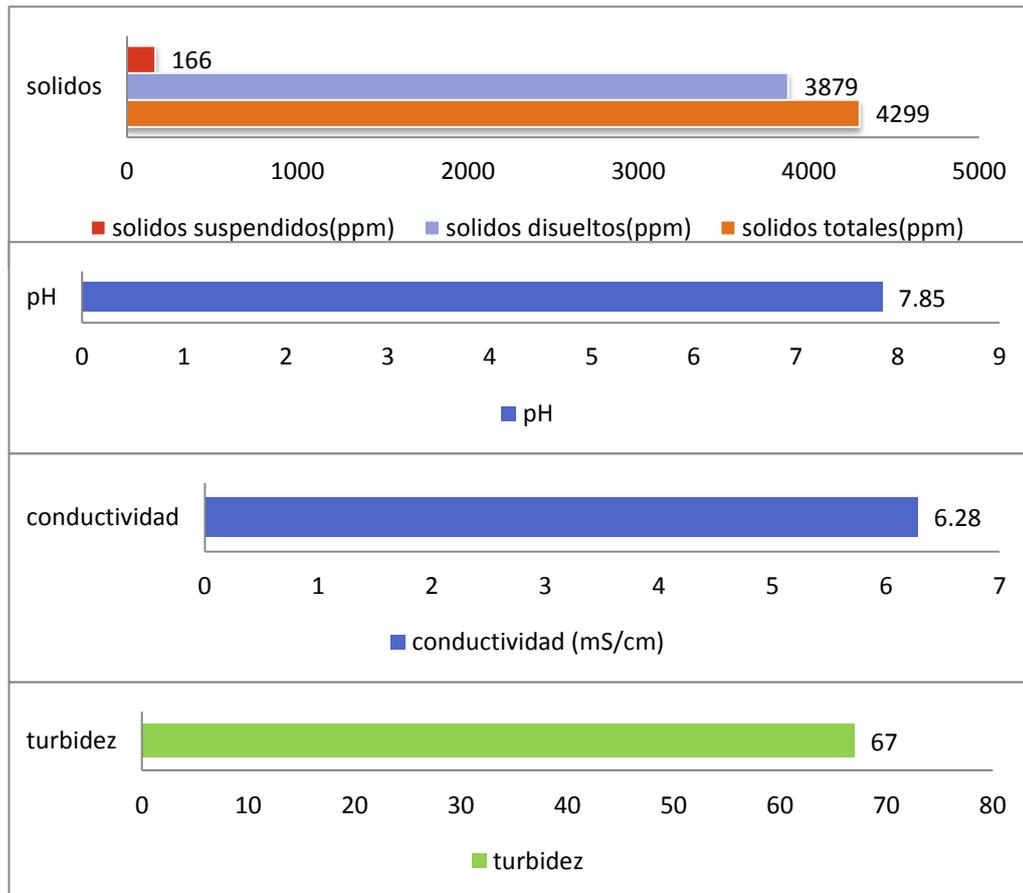


Figura 5. Parámetros fisicoquímicos muestra N°1 sin tratar

Para la muestra n°2: sólidos totales 3630 ppm; sólidos suspendidos 1605 ppm; sólidos disueltos 2032 ppm, un pH de 7.83, conductividad de 9.184 mS/cm y una turbidez de 76 NTU (Figura 6)

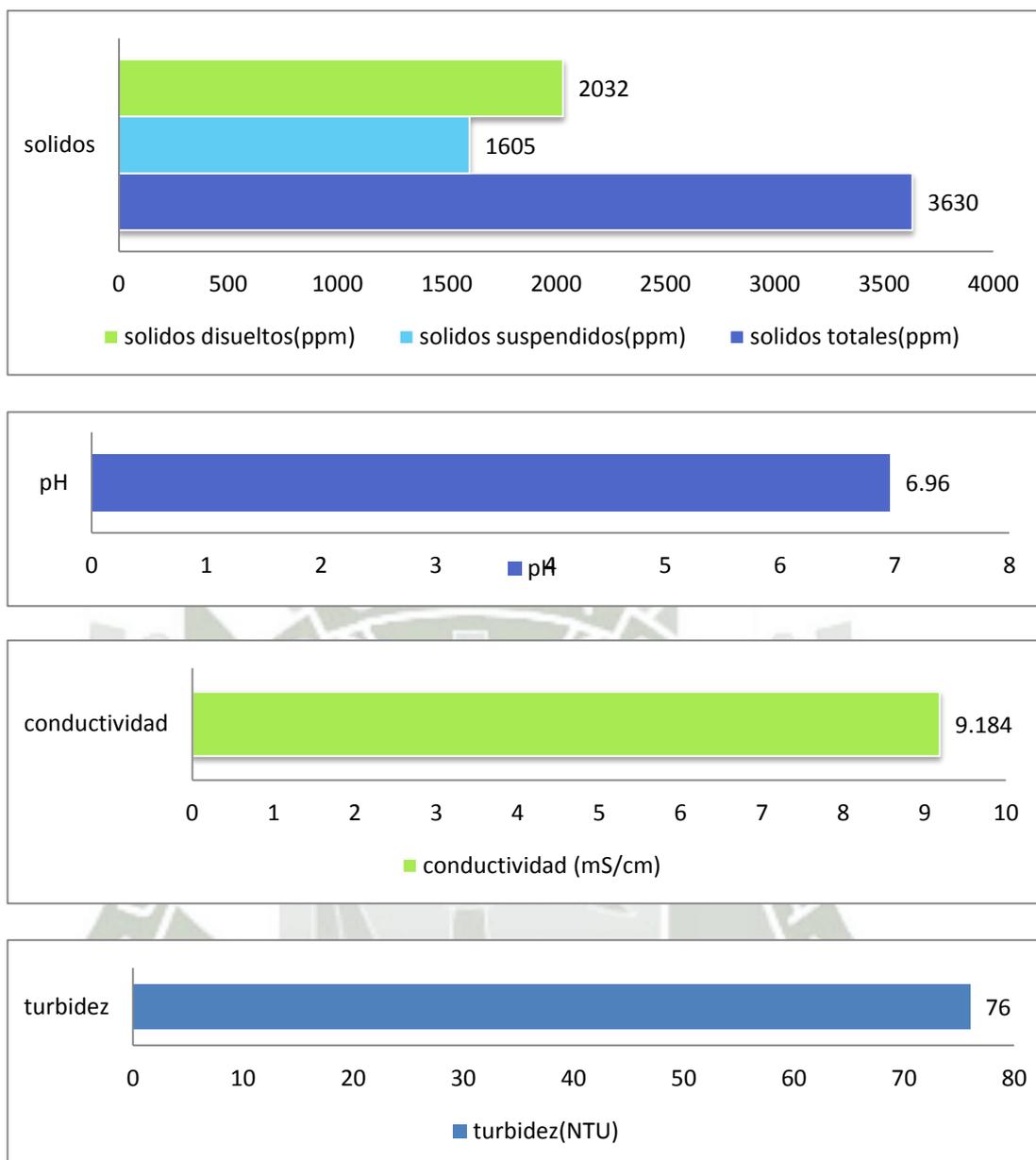


Figura 6. Parámetros fisicoquímicos muestra n° 2 sin tratar

Para la muestra n°3: sólidos totales 2585 ppm; sólidos suspendidos 9 ppm; sólidos disueltos 2510 ppm, un pH de 6.96, conductividad de 3.73 mS/cm y una turbidez de 61 NTU (Figura 7).

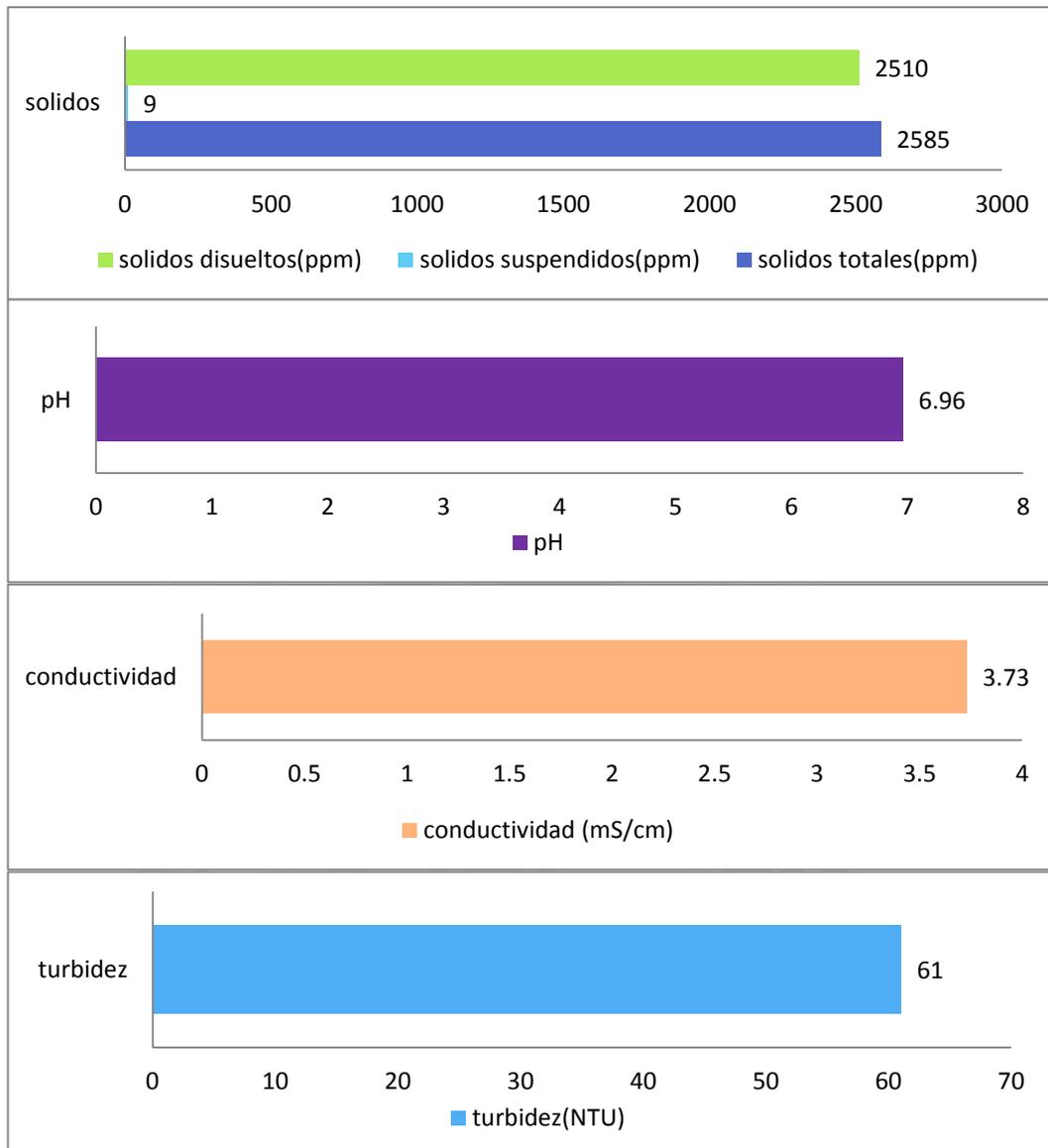


Figura 7. Parámetros fisicoquímicos muestra n° 3 sin tratar

3.2 Tratamiento con Ferrocryl® y Chemlok 2040® determinación de la dosis óptima, y medición de los parámetros fisicoquímicos

El uso de estos floculantes y coagulantes orgánicos tuvo efectos positivos sobre las aguas residuales textiles tratadas, teniendo como dosis óptima para la muestra n°1: 1.6 mL ferrocryl®/1.6 mL chemlok 2040® presentando la formación de flóculos de gran tamaño lo que permite una sedimentación en menor tiempo (y en consecuencia la reducción de los parámetros como la turbidez que paso de 67 NTU a 10.36 NTU; conductividad de 6.280 mS/cm a 6.160 mS/cm; sólidos totales de 4299 ppm a 4035

ppm ; solidos suspendidos de 166 ppm a 162 ppm solidos disueltos de 3879 ppm a 3797 ppm; pH de 7.85 a 7.85 (Figura 8)

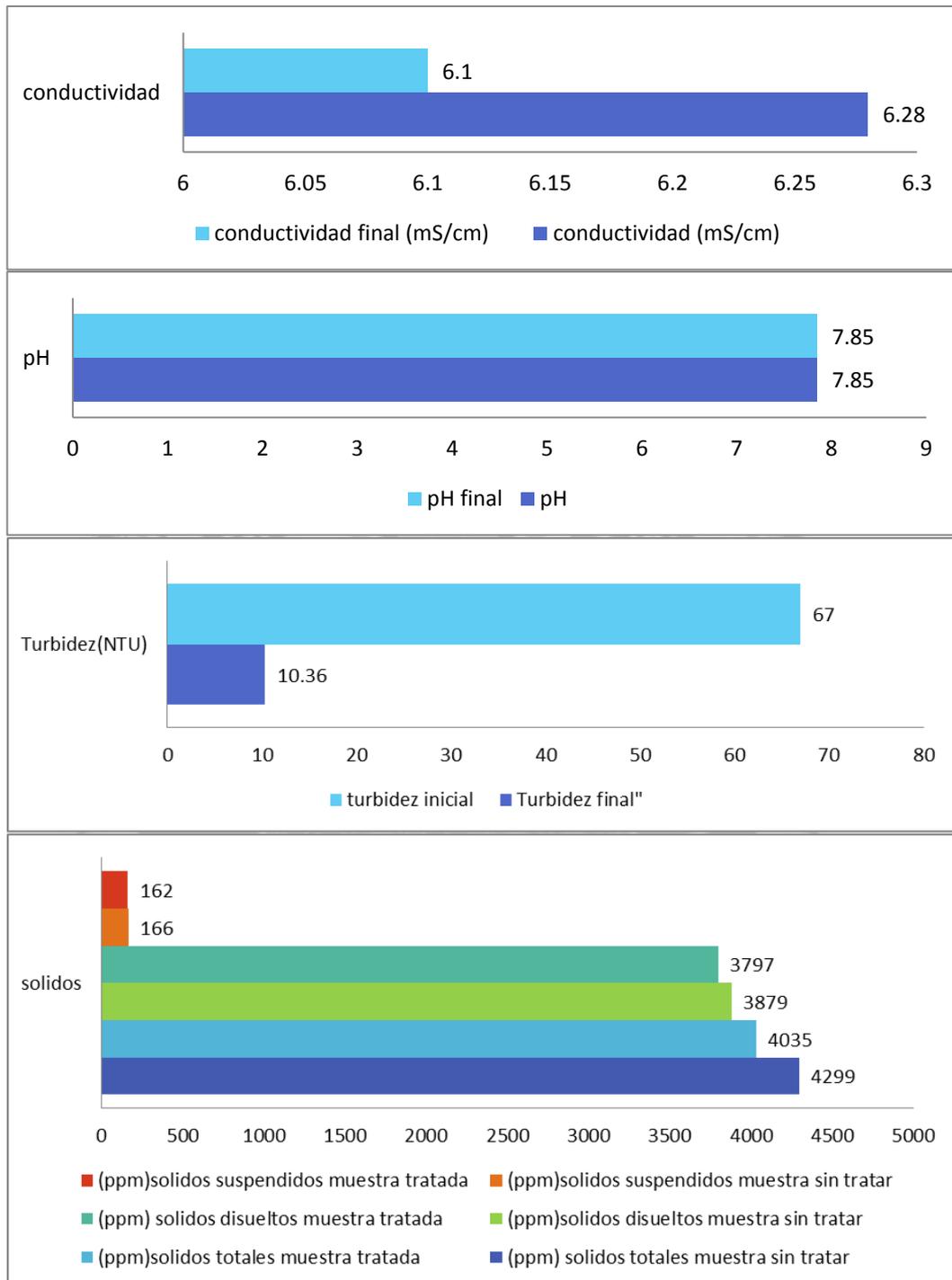


Figura 8. Parámetros muestra n°1 tratada con 1.6 mL de Ferrocryl ® y 1.6 mL de Chemlok 2040®

Para la muestra n°2 se encontró como como dosis óptima: 1.0 mL ferrocryl ® /1.0 mL chemlok 2040 ® presentando la formación de flóculos de gran tamaño lo que permite una sedimentación en menor tiempo y en consecuencia la reducción de los parámetros como la turbidez que paso de 76 NTU a 11.26 NTU; conductividad de 9.184 mS/cm a 8.606 mS/cm; solidos totales de 3630 ppm a 2217 ppm; solidos suspendidos de 1605 ppm a 1367 ppm solidos disueltos de 2032 ppm a 870 ppm; pH de 7.83 a 7.92.(Fig. 9).

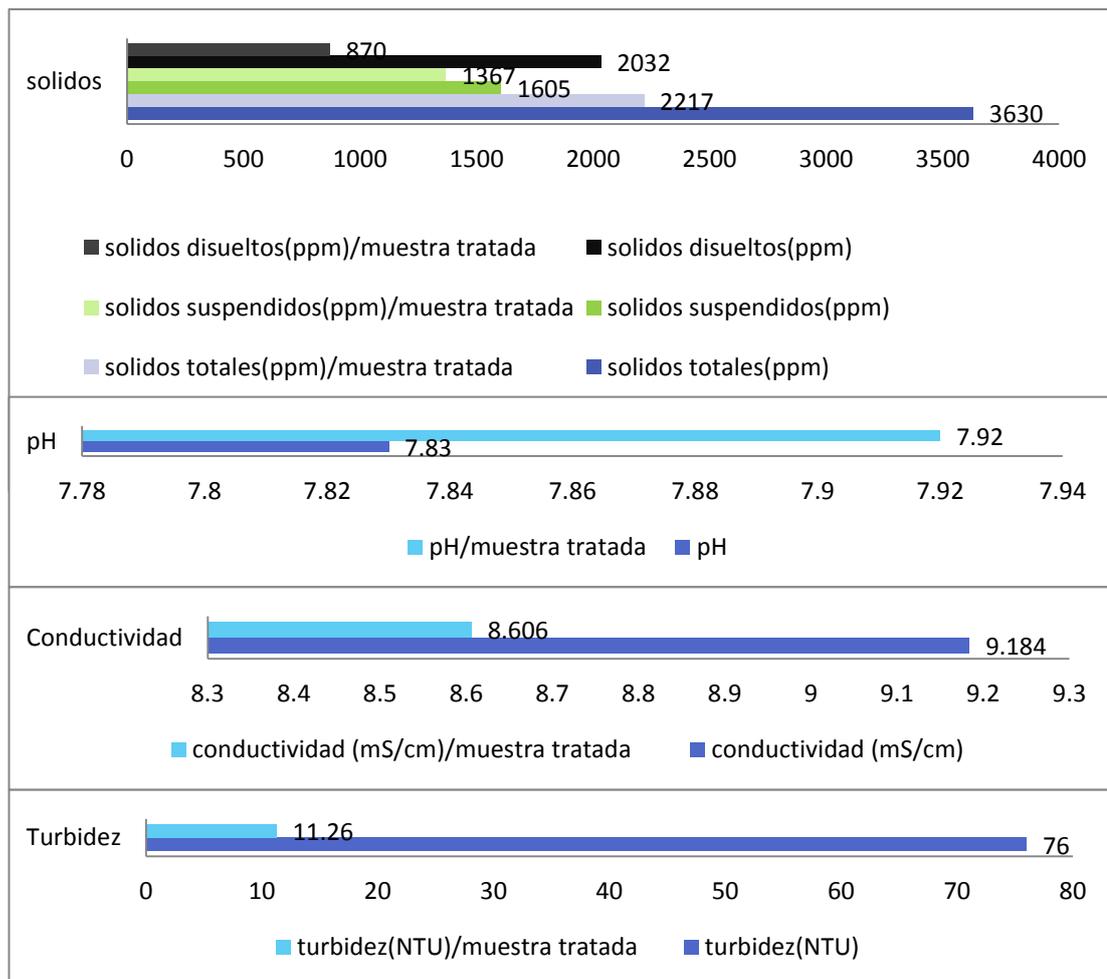


Figura 9. Parámetros muestra n° 2 tratada con 1.0 mL Ferrocryl ® y mL de 1.0 mL Chemlok 2040®

Para la muestra n°3 se encontró como como dosis óptima: 0.8 mL Ferrocryl ® /0.8 mL chemlok 2040 ® presentando la formación de flóculos de gran tamaño lo que permite una sedimentación en menor tiempo y en consecuencia la reducción de los parámetros como la turbidez que paso de 61 NTU a 20.49 NTU; conductividad de

3.73 mS/cm a 3.7 mS/cm; solidos totales de 2585 ppm a 2408 ppm; solidos suspendidos de 86 ppm a 9 ppm; solidos disueltos de 2510 ppm a 2436 ppm; pH de 6.96 a 6.62.(Figura 10).

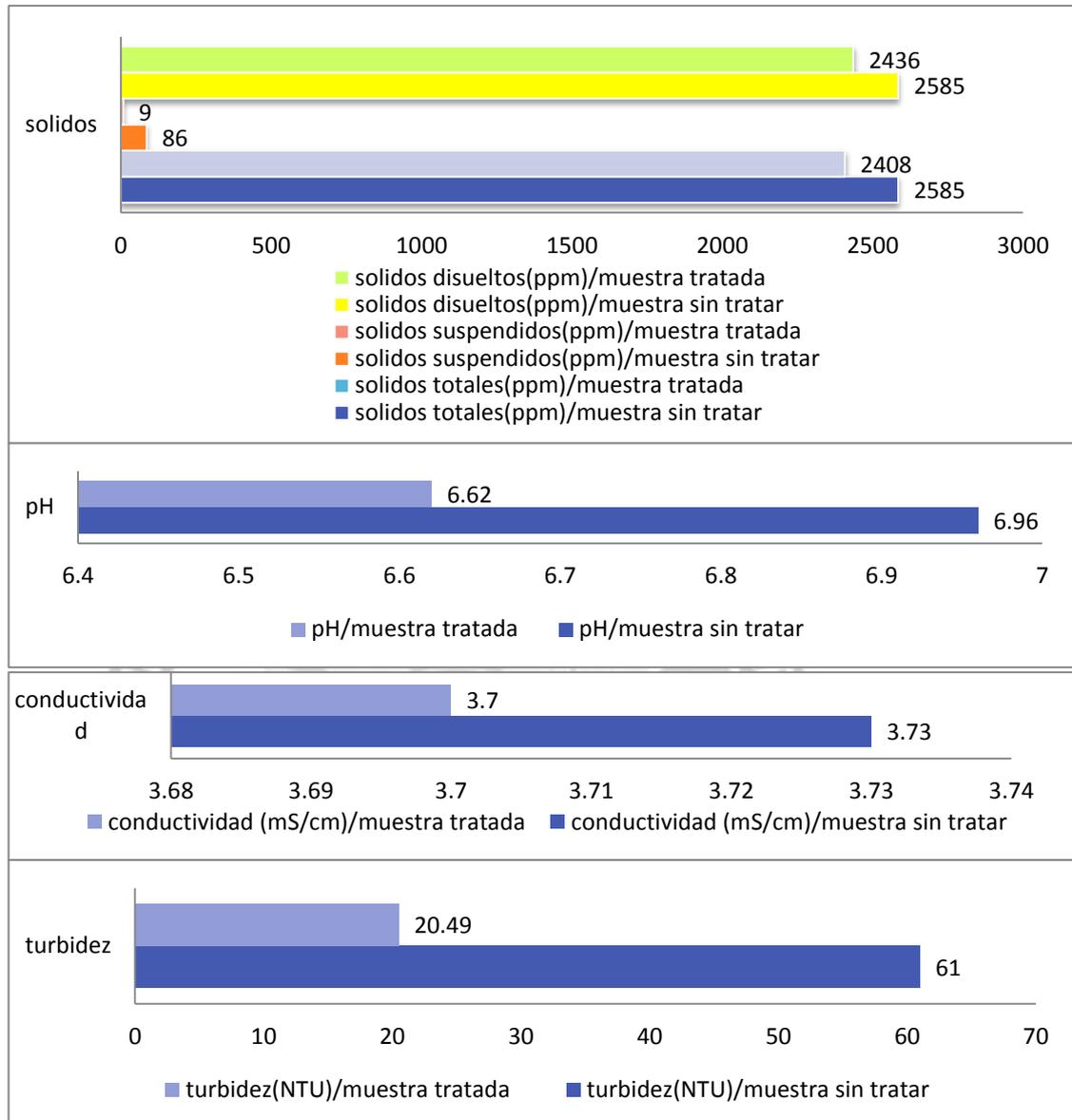


Figura 10. Parámetros muestra n° 3 tratada con 0.8 mL Ferrocryl ® y 0.8 mL de Chemlok 2040®

3.3 Tratamiento a las aguas residuales de la empresa Franky y Ricky S.A. con Mucílago de penca de Opuntia ficus-indica (penca de tuna/nopal), Mucílago de hoja de Aloe vera (hoja de sábila), determinación de la dosis óptima y medición de los parámetros fisicoquímicos

El tratamiento realizado a partir de mucilago de penca de tuna fue efectivo para la muestra n°2 con una dosis óptima de 10 ml a una concentración de 500 g de pulpa de penca de tuna/200 ml de agua destilada ya que las dosis probadas de 0.8 mL, 1.0 mL, 1.2 mL, 1.4 mL, 1.6 mL, fueron no efectivas por ello se trataron con dosis de mayor volumen 2 mL, 4mL, 6 mL, 8mL, 10 mL. Los parámetros medidos respaldan la efectividad del mucilago: turbidez 76 NTU a 59 NTU; Conductividad 9.184 mS/cm a 7.29 mS/cm; solidos totales de 3630 ppm a 2610 ppm; solidos disueltos de 2032 ppm a 2060 ppm, solidos suspendidos de 1605 ppm a 550 ppm; pH 7.83 a 7.18. (Figura 11)

Para la muestra n°1 y n° 3 los resultados fueron negativos ya que no se observó la formación de flóculos ni clarificación alguna, la medida de los parámetros a las diferentes dosis probadas.

El tratamiento realizado a partir del mucilago de la hoja de Aloe vera (Sábila) no fue efectivo en comparación al del tratamiento realizado con mucilago de penca de tuna, ya que no se observó la formación de flóculos ni la clarificación visual para ninguna de las 3 muestras tratadas pero si se logró reducir los parámetros .

Para la muestra n°1 se observó la reducción de la turbidez 67 NTU a 38.81 NTU conductividad 6.280 ms/cm a 5.830 ms/cm, solidos totales disueltos 3879 ppm a 2960 ppm. En una dosis óptima de 10 ml a una concentración de 500g de pulpa de sábila/ 200 mL de agua destilada a diferencia del tratamiento con mucilago de penca de tuna el agua tratada presenta gran cantidad de partículas pequeñas, no hay formación de flóculos y el mucilago de la hoja de sábila permanece en suspensión.

Para la muestra n°2 no se observó reducción de turbidez al contrario aumento es considerable en todas las dosis probadas, al igual que los sólidos totales disueltos, el único parámetro que se observó una disminución es en la conductividad en todas las dosis probadas.

Para la muestra n°3 no se observó reducción del parámetro de la turbidez al contrario aumento es considerable en todas las dosis probadas al igual que en la muestra n°2, sólidos totales disueltos incrementaron, el único parámetro que se observó disminución de sus valores es en la conductividad en todas las dosis probadas.

Para poder respaldar los resultados observados se realizó la prueba estadística ANOVA la cual se aplicó a los tres tipos de muestra, la cual nos permitió determinar las diferencias de las dosis y concentraciones efectivas trabajadas.

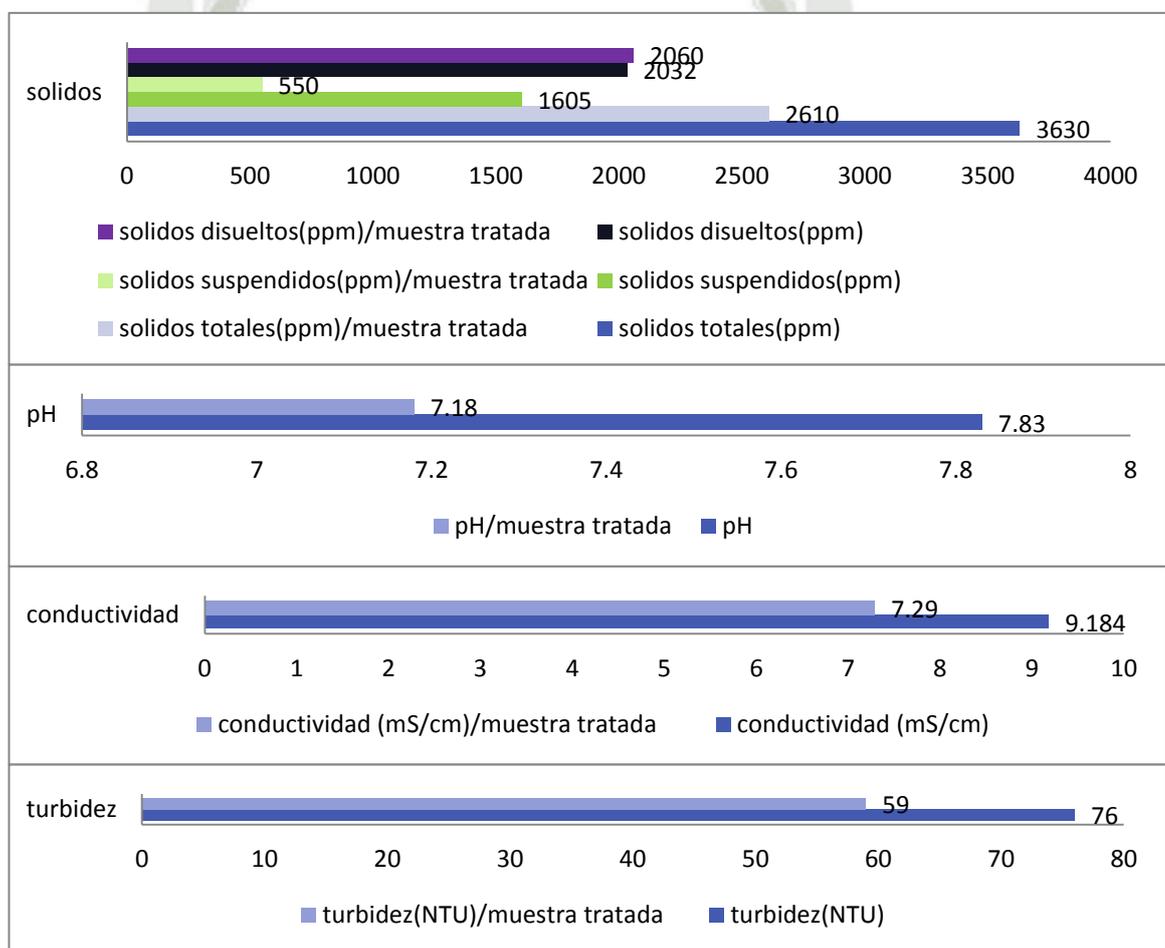


Figura 11. Parámetros muestra n°2 tratada con 10 ml de mucilago de tuna a una concentración de 500g penca de tuna /200ml de agua destilada

3.3.1 Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se aplicó la prueba de intervalos de confianza con 95% de certeza, se trabajó con el parámetro Turbidez, ya que el propósito de la investigación

se basa en comprobar la propiedad clarificante, la cual está dada por la remoción de la turbiedad, es decir el color del agua y esta remoción se verifica con la formación de flóculos.

Para la muestra n°1, la tuna posee la capacidad de reducir los niveles de turbidez, a las concentraciones de 100 g/200mL, 200 g/200mL, 300 g/200mL, 400 g/200mL, 500 g/200mL (Figura 13, Figura 14, Figura 15, Figura 16, Figura 17), pero no clarifica el agua, es decir no hay formación de flóculos, y la ausencia de los mismos es el indicativo que la tuna no posee la propiedad clarificante. Para el tratamiento con sábila, se observó también la reducción de los valores de turbidez para las 5 concentraciones trabajadas 100 g/200mL, 200 g/200mL, 300 g/200mL, 400 g/200mL, 500 g/200mL (Figura 19, Figura 20, Figura 21, Figura 22, Figura 23), con la ausencia de formación de flóculos, que al igual que la tuna no posee la propiedad clarificante, por ello no se pudo establecer una dosis óptima, pero si establecer con que dosis y en que concentración redujo más la turbidez como en los coagulantes-floculantes orgánicos. Para descartar totalmente la efectividad del mucilago de tuna se decidió trabajar con dosis de 2mL, 4mL, 6mL, 8mL, 10 mL, (Figura 18) donde se observó que la turbidez disminuyó pero no hubo formación de flóculos ni remoción de color ni turbidez, por ello tanto el mucilago de sábila como de tuna no son efectivos para la muestra n° 1.

Para la muestra n°2, la tuna posee la capacidad de reducir la turbidez de manera visible en las 5 concentraciones 100 g/200mL, 200 g/200mL, 300 g/200mL, 400 g/200mL, 500 g/200mL (Figura 25, Figura 26, Figura 27, Figura 28, Figura 29), no se observa la formación de flóculos, indicativo de la propiedad clarificante.

Para el tratamiento con sábila, no se observó la reducción de los valores de turbidez para las 5 concentraciones trabajadas 100 g/200mL, 200 g/200mL, 300 g/200mL, 400 g/200mL, 500 g/200mL (Figura 30, Figura 31, Figura 32, Figura 33, Figura 34) no se observa la formación de flóculos, indicativo de la propiedad clarificante, por ende el empleo de sábila en la muestra n° 2 en vez de reducir la turbidez la aumento. Para descartar totalmente la efectividad del mucilago de tuna y sábila al igual que en la muestra se trabajó con dosis de 2mL, 4mL, 6mL, 8mL, 10 mL, (Figura 24) donde se observó que la turbidez disminuyó, hubo formación de flóculos, remoción de color

y turbidez, a una dosis de 10 mL a 500g/200mL de mucílago de tuna por ello el es efectivo para la muestra n°2 a diferencia del mucílago de sábila que no posee acción clarificante.

Para muestra n° 3 el tratamiento a partir de mucilago de tuna y sábila no es efectiva a ninguna de las concentraciones trabajadas, ya que en vez de reducir la turbidez la incrementa, por ende no posee la capacidad clarificante.

Muestra N°1

Tratamiento con mucilago de tuna

- **Concentración 100 g de mucílago de tuna en 200 mL de agua destilada**

Los puntos son los promedios de las tres repeticiones por cada dosis, las rayas verticales es el rango de los valores obtenidos por cada repetición, la dosis de 0.8 mL posee un valor de turbidez de 63 NTU, muy similar al de 1.0 mL por ello estadísticamente da lo mismo utilizar 0.8 mL o 1.0mL, pero nos conviene utilizar la menor dosis ya que presenta el menor valor de turbidez obtenidos a comparación de las demás dosis empleadas, si comparamos con la turbidez inicial de la muestra n°1 sin tratar, que es de 67 NTU podemos afirmar que es efectiva; no se observó la formación de flóculos ni la clarificación del agua.

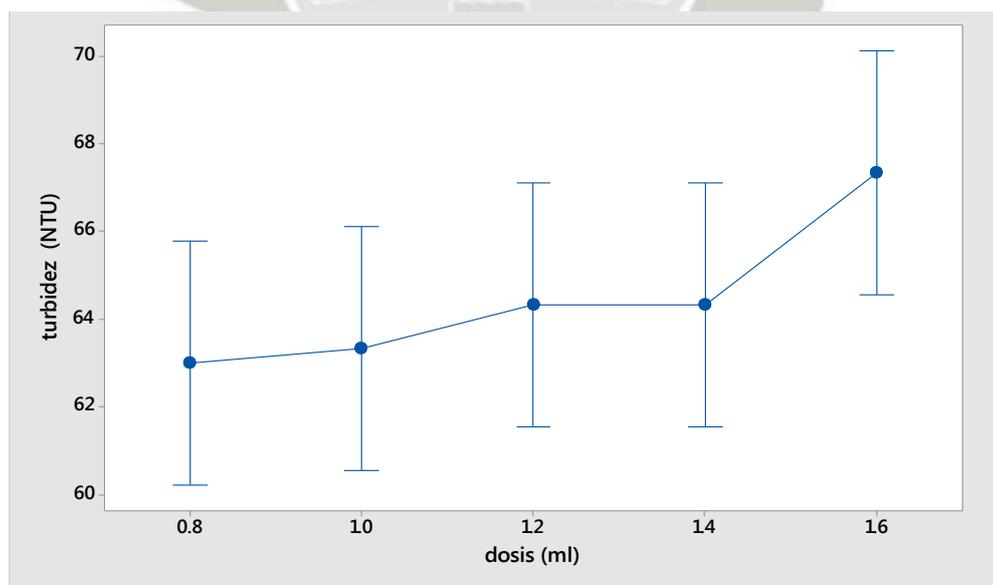


Figura 12. Intervalos de turbidez (NTU) vs. Dosis (mL) para la muestra n° 1 a una concentración de 100 g/200mL

- **Concentración 200 g de mucílago de tuna en 200 mL de agua destilada**

Los puntos son los promedios de las tres repeticiones por cada dosis, las rayas verticales es el rango de los valores obtenidos por cada repetición; la dosis de 0.8 mL posee un valor de turbidez de 60 NTU, muy similar al de 1.6 mL por ello estadísticamente da lo mismo utilizar 0.8 mL o 1.6mL, pero nos conviene utilizar la menor dosis ya que presenta el menor valor de turbidez obtenidos a comparación de las demás dosis empleadas, si comparamos con la turbidez inicial de la muestra n°1 sin tratar, que es de 67 NTU podemos afirmar que es efectiva; no se observó la formación de flóculos ni la clarificación del agua

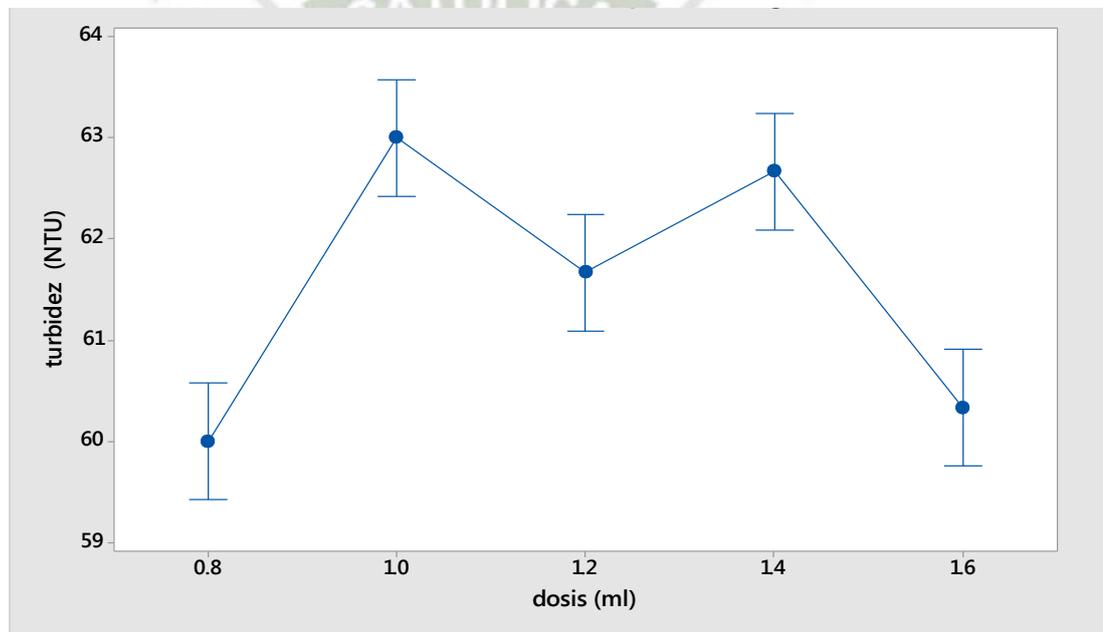


Figura 13. Intervalos de turbidez (NTU) vs. Dosis (mL) para la muestra n° 1 a una concentración de 200 g/200mL

- **Concentración 300 g de mucílago de tuna en 200 mL de agua destilada**

Los puntos son los promedios de las tres repeticiones por cada dosis, las rayas verticales es el rango de los valores obtenidos por cada repetición, la dosis de 0.8 mL posee un valor de turbidez de 61.7 NTU, muy similar al de 1.0 mL por ello estadísticamente da lo mismo utilizar 0.8 mL o 1.0 mL, pero nos conviene utilizar la menor dosis ya que presenta el menor valor de turbidez obtenidos a comparación de las demás dosis empleadas, si comparamos con la turbidez inicial de la muestra

n°1 sin tratar, que es de 67 NTU podemos afirmar que es efectiva; no se observó la formación de flóculos ni la clarificación del agua

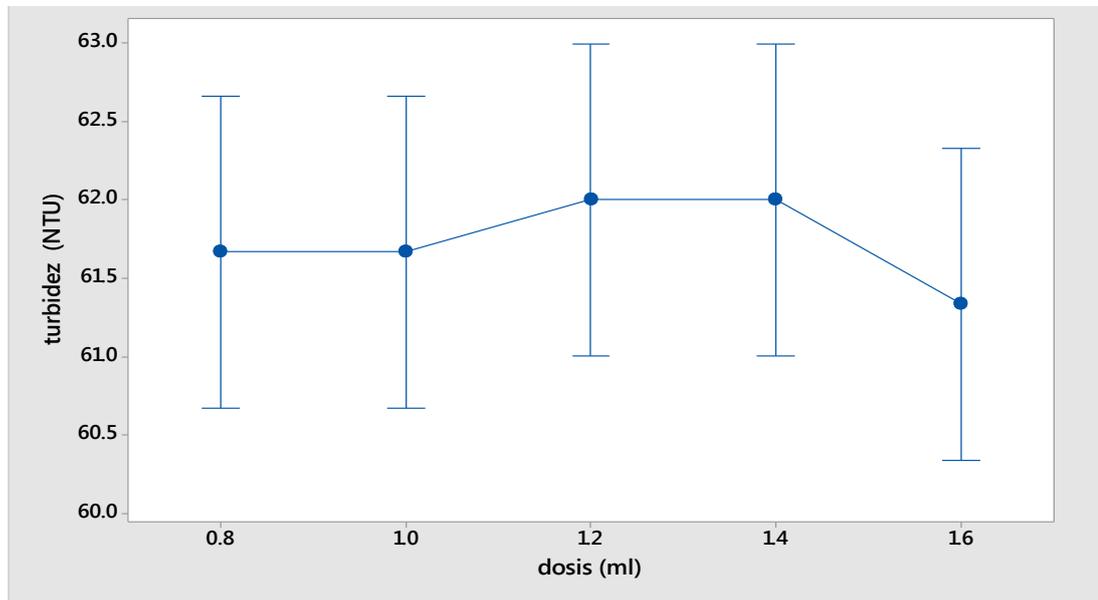


Figura 14. Intervalos de turbidez (NTU) vs. Dosis (mL) para la muestra n° 1 a una concentración de 300 g/200mL

- **Concentración 400 g de mucílago de tuna en 200 mL de agua destilada**

Los puntos son los promedios de las tres repeticiones por cada dosis, las rayas verticales es el rango de los valores obtenidos por cada repetición, la dosis de 0.8 mL posee un valor de turbidez de 61.8 NTU, muy similar al de 1.0 mL por ello estadísticamente da lo mismo utilizar 0.8 mL o 1.0 mL, pero nos conviene utilizar la menor dosis ya que presenta el menor valor de turbidez obtenidos a comparación de las demás dosis empleadas, si comparamos con la turbidez inicial de la muestra n°1 sin tratar, que es de 67 NTU podemos afirmar que es efectiva; no se observó la formación de flóculos ni la clarificación del agua

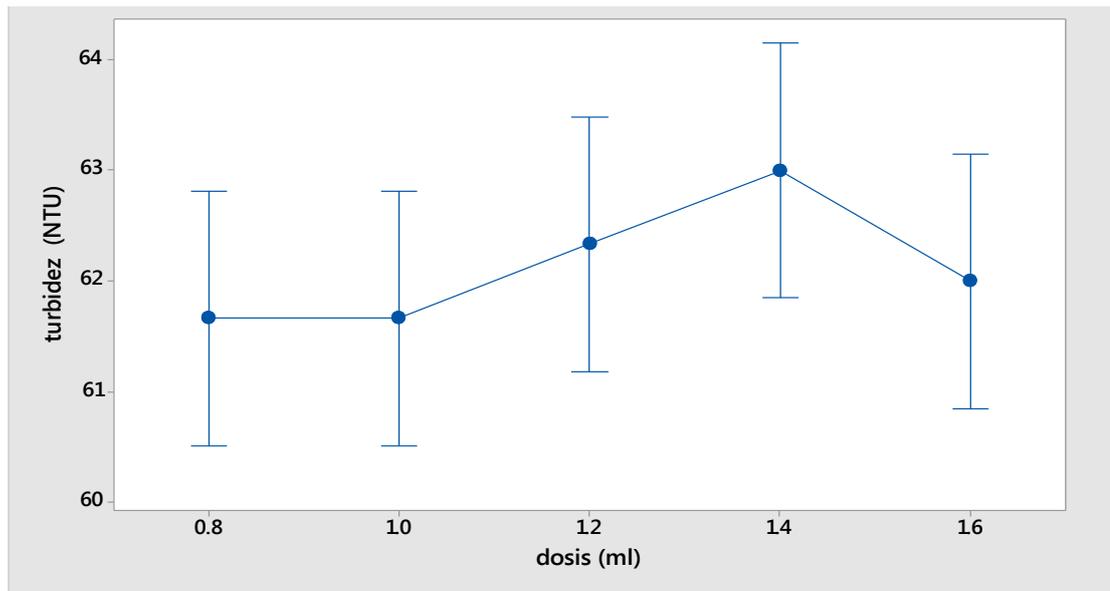


Figura 15. Intervalos de turbidez (NTU) vs. Dosis (mL) para la muestra n° 1 a una concentración de 400 g/200mL

- **Concentración 500 g de mucílago de tuna en 200 mL de agua destilada**

Los puntos son los promedios de las tres repeticiones por cada dosis, las rayas verticales es el rango de los valores obtenidos por cada repetición, la dosis de 1.6 mL posee un valor de turbidez de 62 NTU, si comparamos con la turbidez inicial de la muestra n°1 sin tratar que es de 67 NTU podemos afirmar que es efectiva; pero no se observó la formación de flóculos ni la clarificación del agua

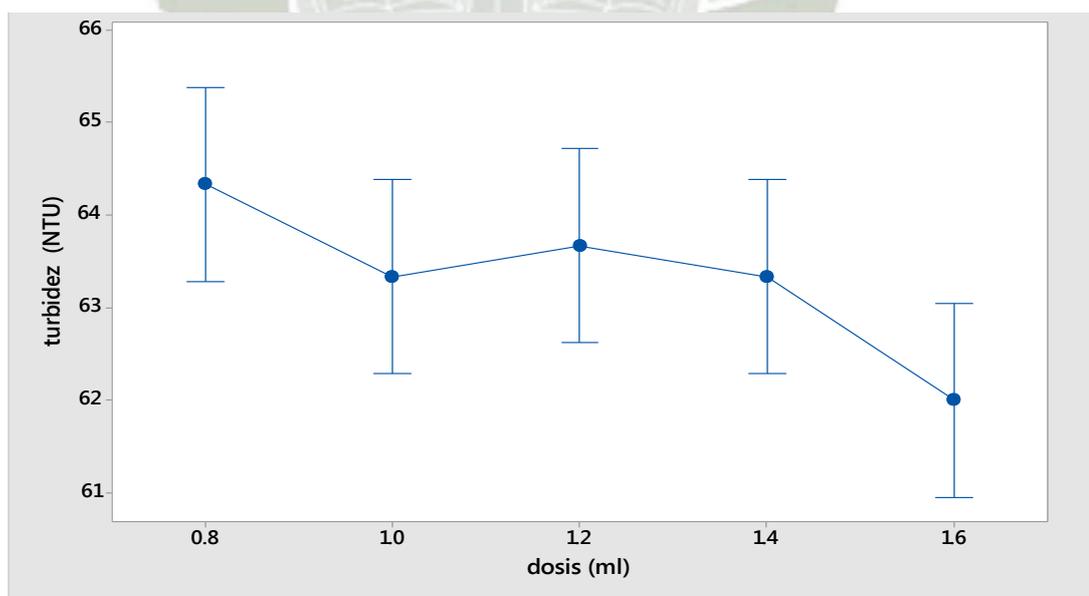


Figura 16 Intervalos de turbidez (NTU) vs. Dosis (mL) para la muestra n° 1 a una concentración de 500 g/200mL

- **Tratamiento con dosis de 2 mL, 4 mL, 6 mL, 8 mL, 10 mL a una concentración de 500g/200 mL mucílago de tuna en la muestra n° 1**

Los puntos son los promedios de las tres repeticiones por cada dosis, las rayas verticales es el rango de los valores obtenidos por cada repetición, la dosis de 2 mL posee un valor de turbidez de 46.667 NTU, si comparamos con la turbidez inicial de la muestra n°1 sin tratar que es de 67 NTU podemos afirmar que es efectiva; pero no se observó la formación de flóculos ni la clarificación del agua

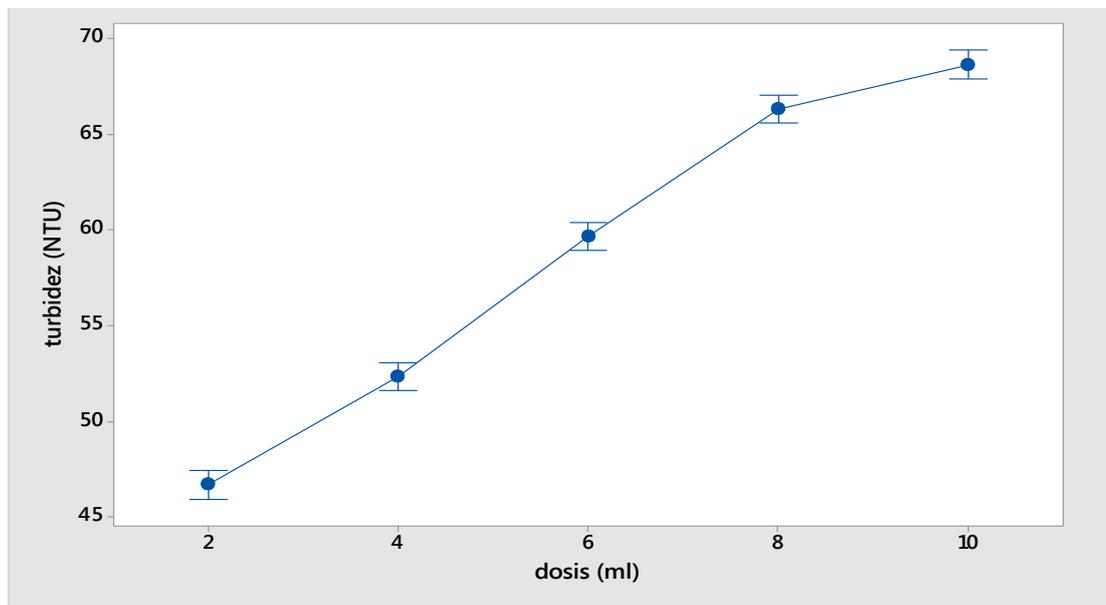


Figura 17. Intervalos de turbidez (NTU) vs. Dosis (mL) para la muestra n° 1 a una concentración de 500 g/200mL

Tratamiento con mucílago de sábila

- **Concentración 100 g de mucílago de sábila en 200 mL de agua destilada**

Los puntos son los promedios de las tres repeticiones por cada dosis, las rayas verticales es el rango de los valores obtenidos por cada repetición; la dosis de 1.4 mL posee un valor de turbidez de 44.56 NTU, que es muy similar a la dosis de 1.2 mL con 44.64 , por ello esta dosis es la efectiva , ya que menor volumen posee una acción similar, si comparamos con la turbidez inicial de la muestra n°1 sin tratar que es de 67 NTU podemos afirmar que es efectiva; no se observó la formación de flóculos ni la clarificación del agua.

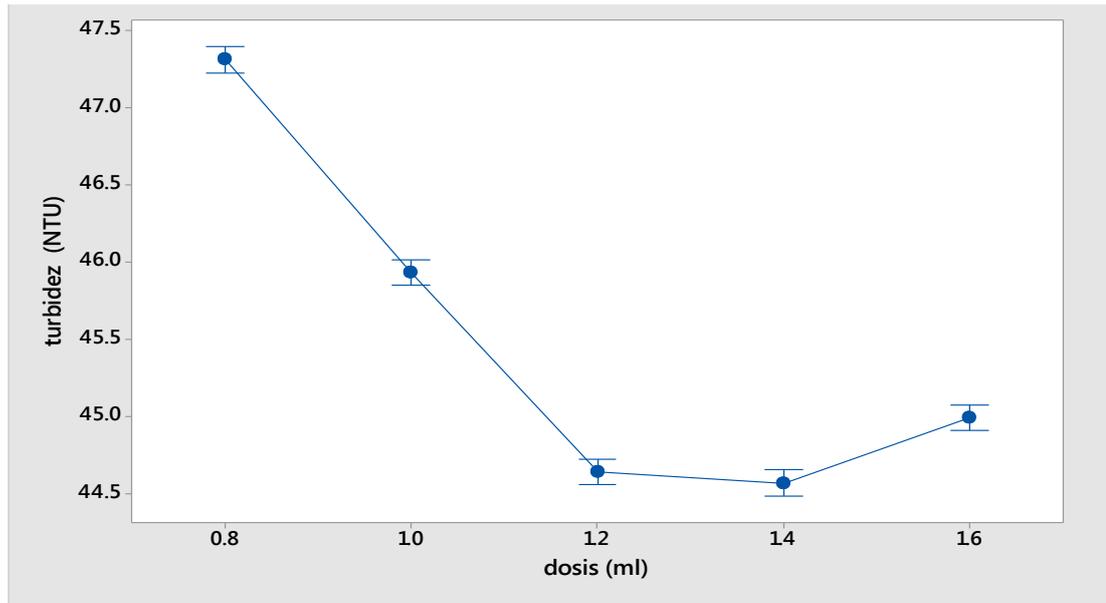


Figura 18. Intervalos de Turbidez (NTU) Vs Dosis (mL) para la muestra n°1 a una concentración de 100 g/ 200 mL mucílago de sábila.

- **Concentración 200 g de mucílago de sábila en 200 mL de agua destilada**

Los puntos son los promedios de las tres repeticiones por cada dosis, las rayas verticales es el rango de los valores obtenidos por cada repetición; la dosis de 1.2 mL posee un valor de turbidez de 43.03 NTU, si comparamos con la turbidez inicial de la muestra n°1 sin tratar que es de 67 NTU podemos afirmar que es efectiva; pero no se observó la formación de flóculos ni la clarificación del agua.

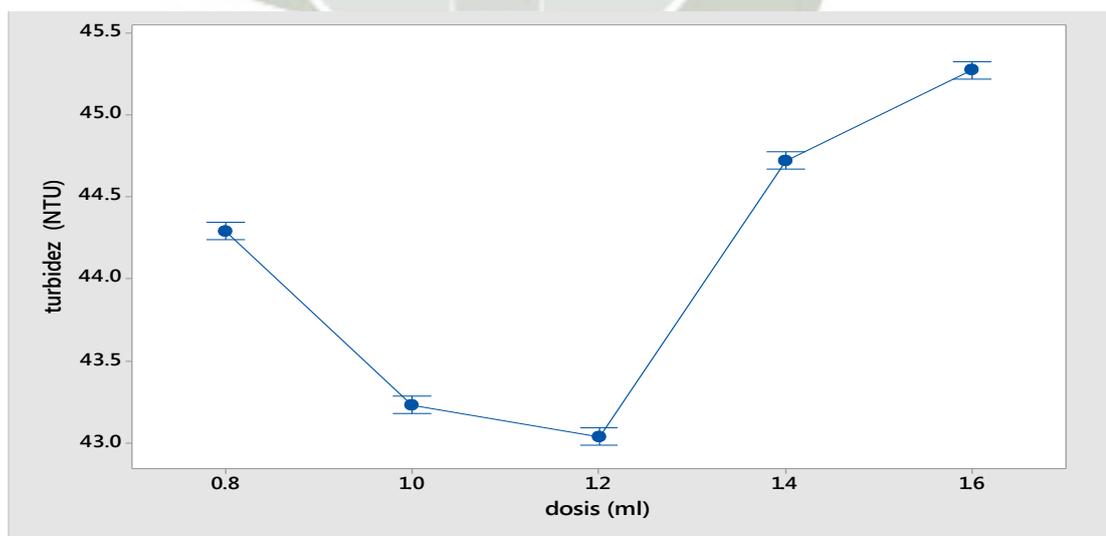


Figura 19. Intervalos de Turbidez (NTU) Vs Dosis (mL) para la muestra n°1 a una concentración de 200 g/ 200 mL de mucílago de sábila

- **Concentración 300 g de mucílago de sábila en 200 mL de agua destilada**

Los puntos son los promedios de las tres repeticiones por cada dosis, las rayas verticales es el rango de los valores obtenidos por cada repetición; la dosis de 0.8 mL posee un valor de turbidez de 42.03 NTU, que es muy similar a la dosis de 1.6 mL con 42.06 , estadísticamente, para ello se escoge la dosis menor con efectividad similar al de la dosis superior, si comparamos con la turbidez inicial de la muestra n°1 sin tratar que es de 67 NTU podemos afirmar que es efectiva; pero no se observó la formación de flóculos ni la clarificación del agua.

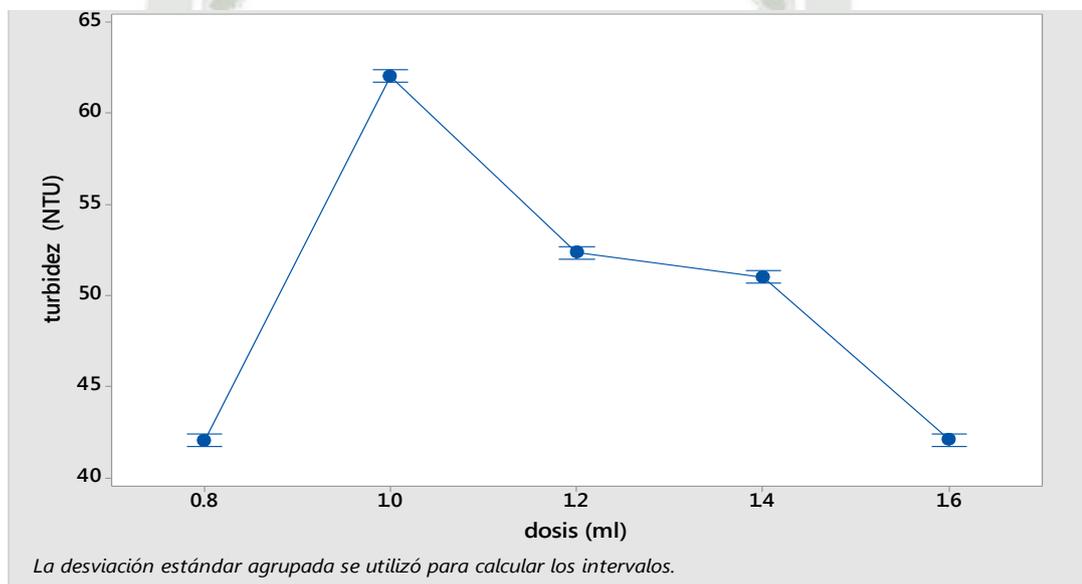


Figura 20. Intervalos de Turbidez (NTU) Vs Dosis (mL) para la muestra n°1 a una concentración de 300 g/200 mL de mucílago de sábila

- **Concentración 400 g de mucílago de sábila en 200 mL de agua destilada**

Los puntos son los promedios de las tres repeticiones por cada dosis, las rayas verticales es el rango de los valores obtenidos por cada repetición; la dosis de 1.0 mL posee un valor de turbidez de 47.373 NTU, si comparamos con la turbidez inicial de la muestra n°1 sin tratar que es de 67 NTU podemos afirmar que es efectiva; pero no se observó la formación de flóculos ni la clarificación del agua.

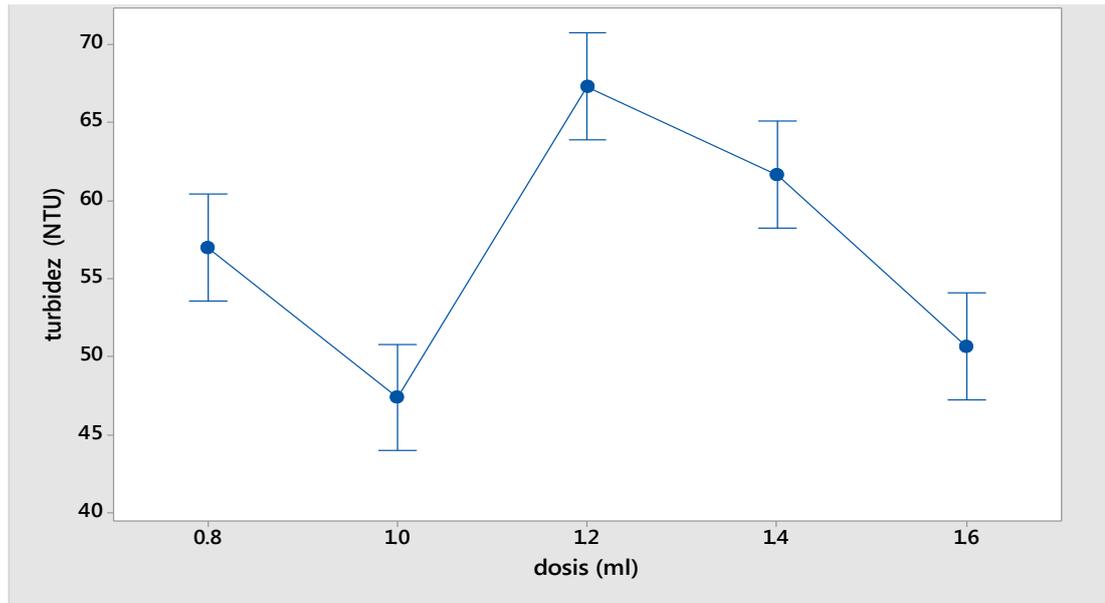


Figura 21. Intervalos de Turbidez (NTU) Vs Dosis (mL) para la muestra n°1 a una concentración de 400 g/ 200 mL mucílago de sábila

- **Concentración 500 g de mucílago de sábila en 200 mL de agua destilada**

Los puntos son los promedios de las tres repeticiones por cada dosis, las rayas verticales es el rango de los valores obtenidos por cada repetición; la dosis de 0.8 mL posee un valor de turbidez de 45.267 NTU, si comparamos con la turbidez inicial de la muestra n°1 sin tratar que es de 67 NTU podemos afirmar que es efectiva; pero no se observó la formación de flóculos ni la clarificación del agua.

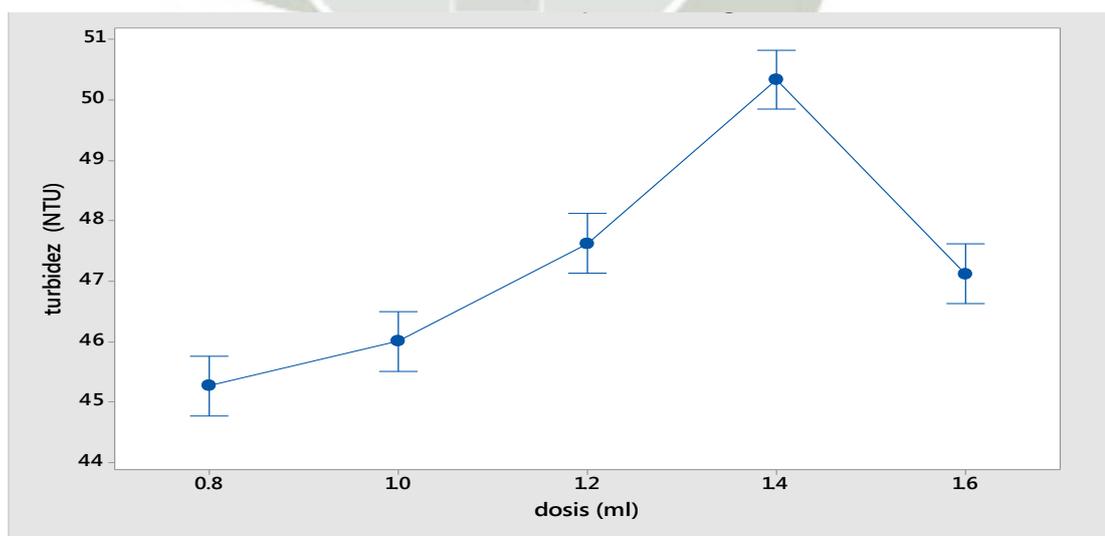


Figura 22. Intervalos de Turbidez (NTU) Vs Dosis (mL) para la muestra n°1 a una concentración de 500 g/ 200 mL mucílago de sábila

- **Tratamiento con dosis de 2 mL, 4 mL, 6 mL, 8 mL, 10 mL a una concentración de 500g/200 mL mucílago de tuna en la muestra n° 1**

Los puntos son los promedios de las tres repeticiones por cada dosis, las rayas verticales es el rango de los valores obtenidos por cada repetición; la dosis de 0.8 mL posee un valor de turbidez de 38.8033 NTU, si comparamos con la turbidez inicial de la muestra n°1 sin tratar que es de 67 NTU podemos afirmar que es efectiva; pero no se observó la formación de flóculos ni la clarificación del agua.

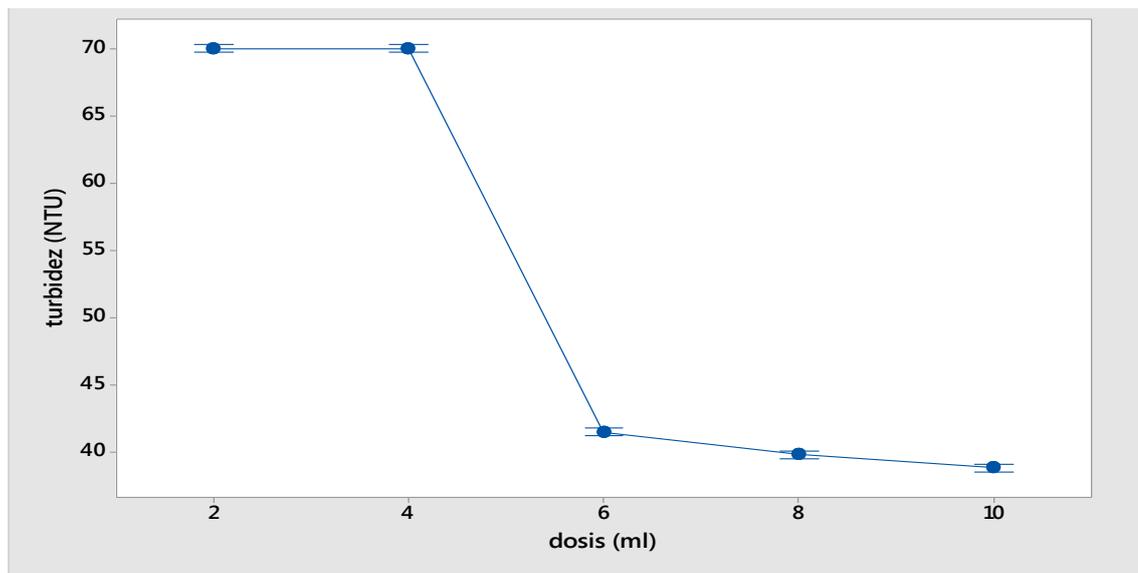


Figura 23. Intervalos de turbidez (NTU) vs. Dosis (mL) para la muestra n° 1 a una concentración de 500 g/200mL de mucílago de sábila

Muestra n°2

Tratamiento con mucílago de tuna

- **Concentración 100 g de mucílago de tuna en 200 mL de agua destilada**

Los puntos son los promedios de las tres repeticiones por cada dosis, las rayas verticales es el rango de los valores obtenidos por cada repetición; la dosis de 0.8 mL posee un valor de turbidez de 61.333 NTU, si comparamos con la turbidez inicial de la muestra n°2 sin tratar que es de 76 NTU podemos afirmar que es efectiva; pero no se observó la formación de flóculos ni la clarificación del agua.

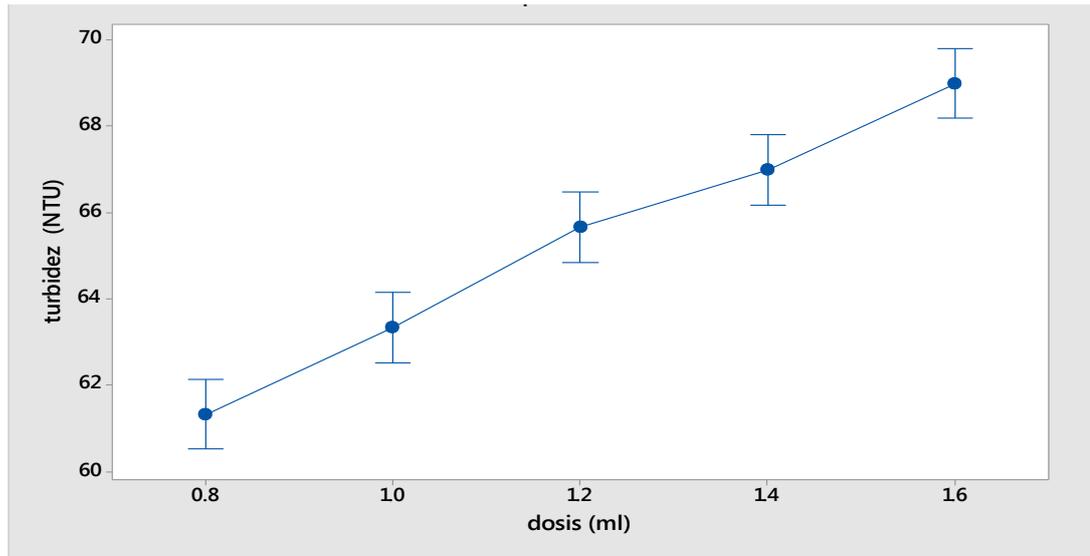


Figura 24. Intervalos de Turbidez (NTU) Vs Dosis (mL) para la muestra n°2 a una concentración de 100 g/ 200 mL mucílago de tuna

- **Concentración 200 g de mucílago de tuna en 200 mL de agua destilada**

Los puntos son los promedios de las tres repeticiones por cada dosis, las rayas verticales es el rango de los valores obtenidos por cada repetición; la dosis de 1.6 mL posee un valor de turbidez de 53 NTU, si comparamos con la turbidez inicial de la muestra n°2 sin tratar que es de 76 NTU podemos afirmar que es efectiva; pero no se observó la formación de flóculos ni la clarificación del agua.

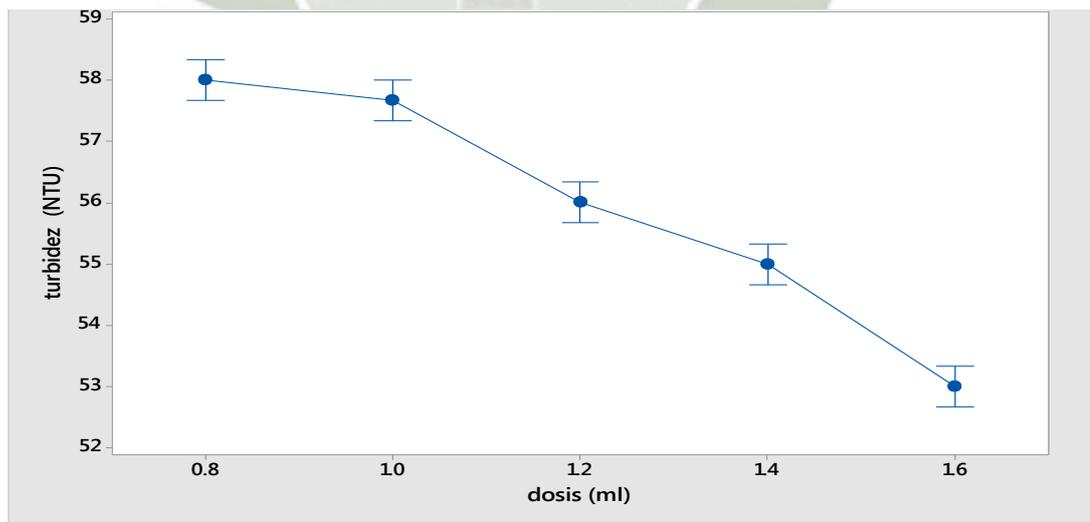


Figura 25. Intervalos de Turbidez (NTU) Vs Dosis (mL) para la muestra n°2 a una concentración de 200 g/ 200 mL mucílago de tuna

- **Concentración 300 g de mucílago de tuna en 200 mL de agua destilada**

Los puntos son los promedios de las tres repeticiones por cada dosis, las rayas verticales es el rango de los valores obtenidos por cada repetición; la dosis de 1.2 mL, 1.4 mL, 1.6 mL posee un valor de turbidez de 54 NTU, es decir da lo mismo utilizar cualquiera de las 3 dosis, por ende 1,2 ml es la opción correcta ya que a menor dosis posee la misma efectividad de las dosis mayores ,si comparamos con la turbidez inicial de la muestra n°2 sin tratar que es de 76 NTU podemos afirmar que es efectiva; pero no se observó la formación de flóculos ni la clarificación del agua.

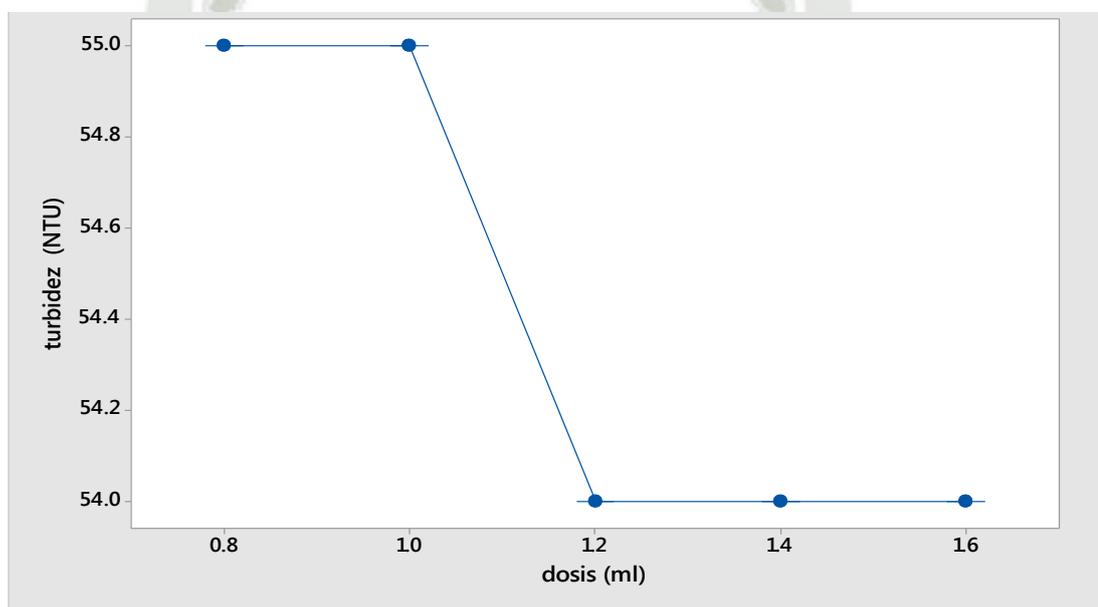


Figura 26. Intervalos de Turbidez (NTU) Vs Dosis (mL) para la muestra n°2 a una concentración de 300 g/ 200 mL mucílago de tuna.

- **Concentración 400 g de mucílago de tuna en 200 mL de agua destilada**

Los puntos son los promedios de las tres repeticiones por cada dosis, las rayas verticales es el rango de los valores obtenidos por cada repetición, la dosis 1.6 mL posee un valor de turbidez de 51 NTU, turbidez muy cercana a las dosis de 0.8mL, 1.0 mL, 1.2 mL, 1.2 mL es decir da lo mismo utilizar cualquiera de las 5 dosis, por ende 0.8 mL es la opción correcta ya que a menor dosis posee la misma efectividad de las dosis mayores ,si comparamos con la turbidez inicial de la muestra n°2 sin tratar que es de 76 NTU podemos afirmar que es efectiva; no se observó la formación de flóculos ni la clarificación del agua.

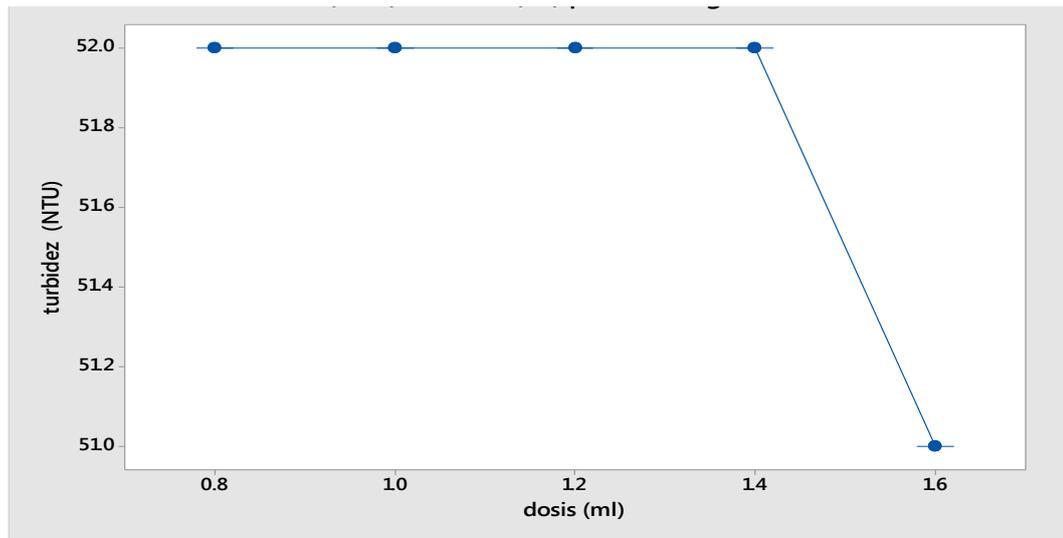


Figura 27. Intervalos de Turbidez (NTU) Vs Dosis (mL) para la muestra n°2 a una concentración de 400 g/ 200 mL mucílago de tuna

- **Concentración 500 g de mucílago de tuna en 200 mL de agua destilada**

Los puntos son los promedios de las tres repeticiones por cada dosis, las rayas verticales es el rango de los valores obtenidos por cada repetición; la dosis de 1.6 mL posee un valor de turbidez de 49 NTU, si comparamos con la turbidez inicial de la muestra n°2 sin tratar que es de 76 NTU podemos afirmar que es efectiva; no se observó la formación de flóculos ni la clarificación del agua.

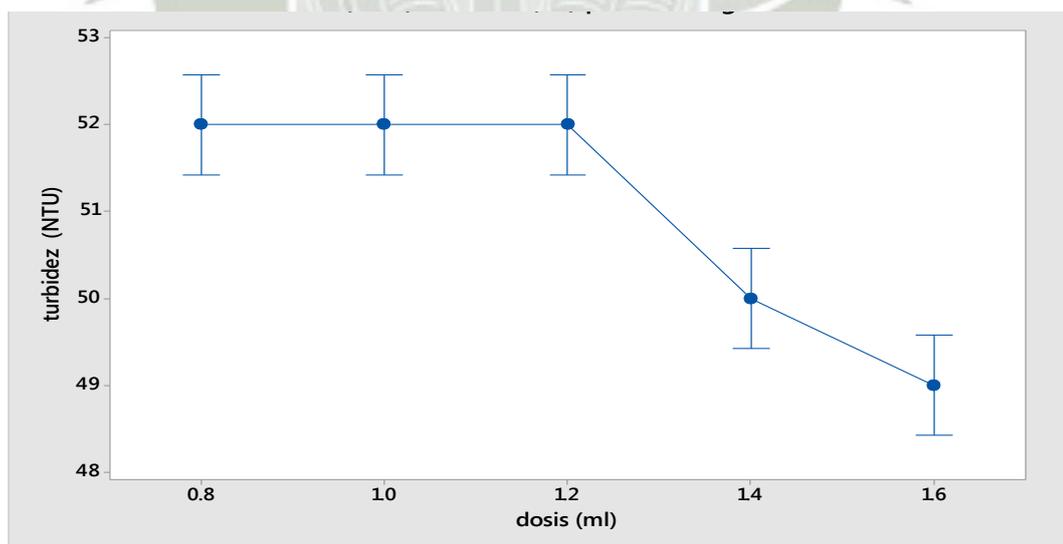


Figura 28 Intervalos de Turbidez (NTU) Vs Dosis (mL) para la muestra n°2 a una concentración de 500 g/ 200 mL mucílago de tuna

- **Tratamiento con dosis de 2 mL, 4 mL, 6 mL, 8 mL, 10 mL a una concentración de 500g/200 mL mucílago de tuna en la muestra n° 2**

Los puntos son los promedios de las tres repeticiones por cada dosis, las rayas verticales es el rango de los valores obtenidos por cada repetición; la dosis de 10 mL posee un valor de turbidez de 59 NTU, si comparamos con la turbidez inicial de la muestra n°2 sin tratar que es de 76 NTU podemos afirmar que es efectiva; se observó la formación de flóculos por ende la remoción del color.

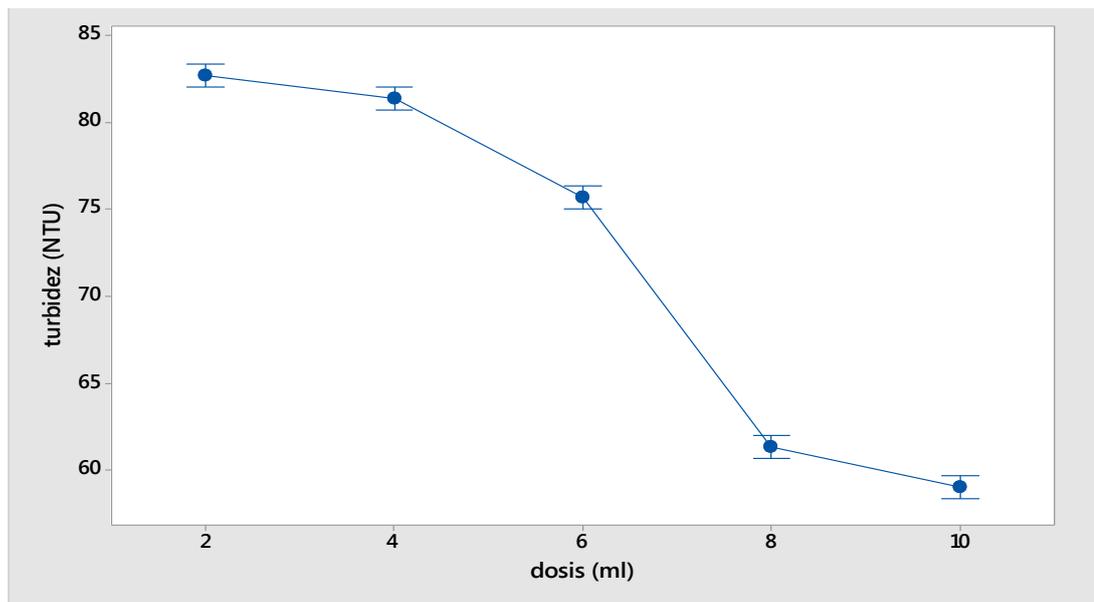


Figura 29 Intervalos de Turbidez (NTU) Vs Dosis (mL) para la muestra n°2 a una concentración de 500 g/ 200 mL mucílago de tuna

Tratamiento con mucílago de sábila

- **Concentración 100 g de mucílago de sábila en 200 mL de agua destilada**

Los puntos son los promedios de las tres repeticiones por cada dosis, las rayas verticales es el rango de los valores obtenidos por cada repetición; la dosis de 1.6 mL posee un valor de turbidez de 89 NTU, si comparamos con la turbidez inicial de la muestra n°2 sin tratar que es de 76 NTU podemos afirmar que no es efectiva; no se observó la formación de flóculos ni la clarificación del agua.

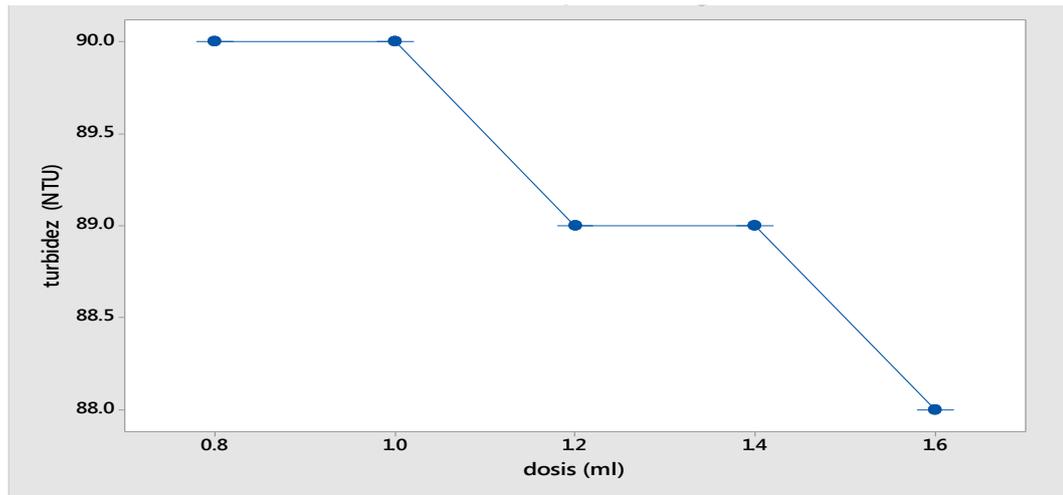


Figura 30. Intervalos de Turbidez (NTU) Vs Dosis (mL) para la muestra n°2 a una concentración de 100 g/ 200 mL mucílago de sábila

- **Concentración 200 g de mucílago de sábila en 200 mL de agua destilada**

Los puntos son los promedios de las tres repeticiones por cada dosis, las rayas verticales es el rango de los valores obtenidos por cada repetición; las dosis de 0.8 mL, 1.0 mL, 1.2 mL, 1.4 mL ,1.6 mL posee un valor de turbidez de 92 NTU ,por ello no hay diferencia estadística, si comparamos con la turbidez inicial de la muestra n°2 sin tratar que es de 76 NTU podemos afirmar que no es efectiva; y no hay diferencia estadística es por ello que la figura se muestra así, por ende no se observó la formación de flóculos ni la clarificación del agua.

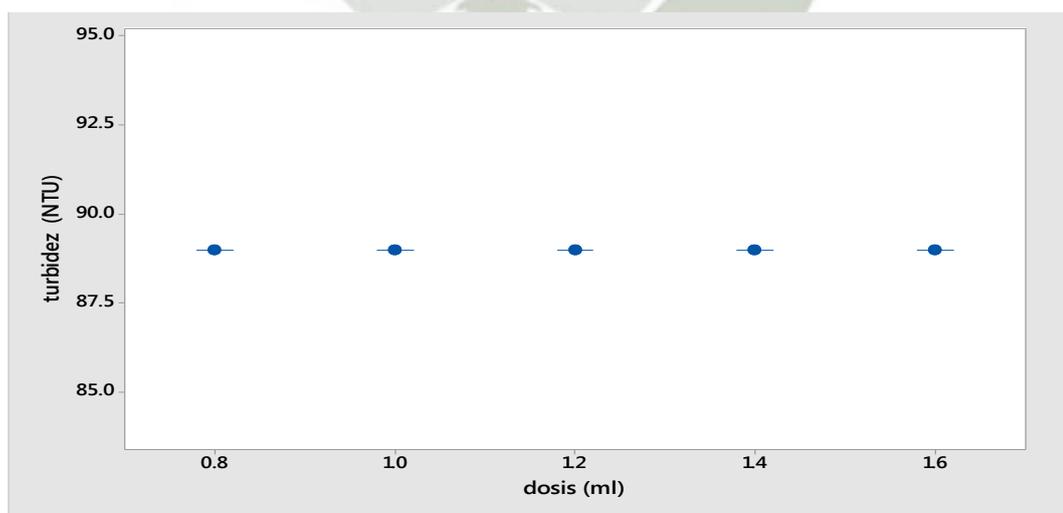


Figura 31. Intervalos de Turbidez (NTU) Vs Dosis (mL) para la muestra n°2 a una concentración de 200 g/ 200 mL mucílago de sábila

- **Concentración 300 g de mucílago de sábila en 200 mL de agua destilada**

Los puntos son los promedios de las tres repeticiones por cada dosis, las rayas verticales es el rango de los valores obtenidos por cada repetición; la dosis de 1.6 mL posee un valor de turbidez de 90.67 NTU, si comparamos con la turbidez inicial de la muestra n°2 sin tratar que es de 76 NTU podemos afirmar que no es efectiva; no se observó la formación de flóculos ni la clarificación del agua.

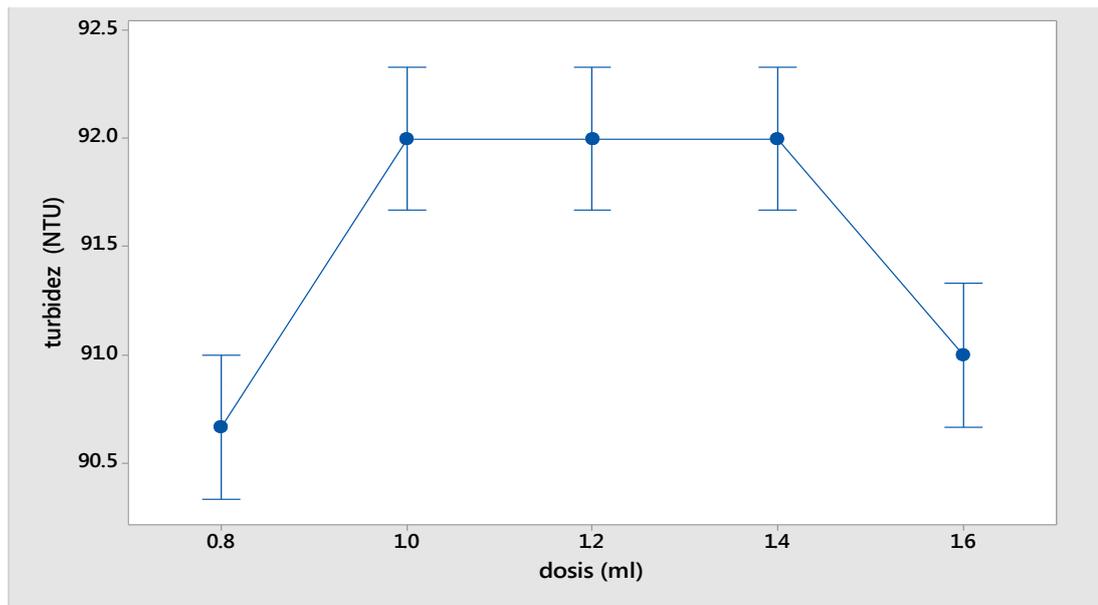


Figura 32. Intervalos de Turbidez (NTU) Vs Dosis (mL) para la muestra n°2 a una concentración de 300 g/ 200 mL mucílago de sábila

- **Concentración 400 g de mucílago de sábila en 200 mL de agua destilada**

Los puntos son los promedios de las tres repeticiones por cada dosis, las rayas verticales es el rango de los valores obtenidos por cada repetición; la dosis de 0.8 mL, 1.0 mL, 1.6 mL posee un mismo valor de turbidez de 91 NTU por ello no hay diferencia estadística, si comparamos con la turbidez inicial de la muestra n°2 sin tratar que es de 76 NTU podemos afirmar que no es efectiva; no se observó la formación de flóculos ni la clarificación del agua.

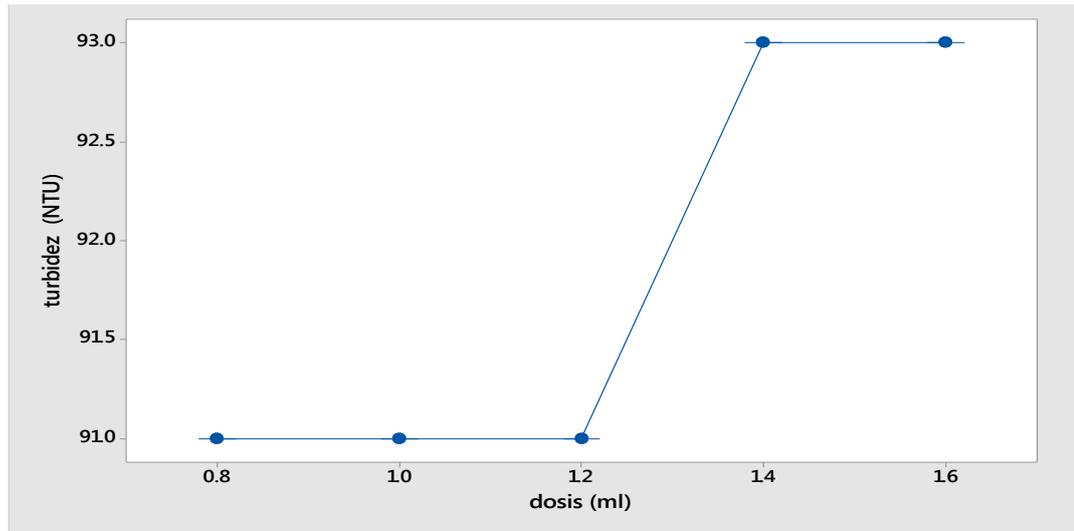


Figura 33. Intervalos de Turbidez (NTU) Vs Dosis (mL) para la muestra n°2 a una concentración de 400 g/ 200 mL mucílago de sábila

- **Concentración 500 g de mucílago de sábila en 200 mL de agua destilada**

Los puntos son los promedios de las tres repeticiones por cada dosis, las rayas verticales es el rango de los valores obtenidos por cada repetición; las dosis de 0.8 mL, 1.0 mL, 1.2 mL, 1.4 mL, 1.6 mL posee un valor de turbidez de 92 NTU, por ello no hay diferencia estadística, si comparamos con la turbidez inicial de la muestra n°2 sin tratar que es de 76 NTU podemos afirmar que no es efectiva; no se observó la formación de flóculos ni la clarificación del agua

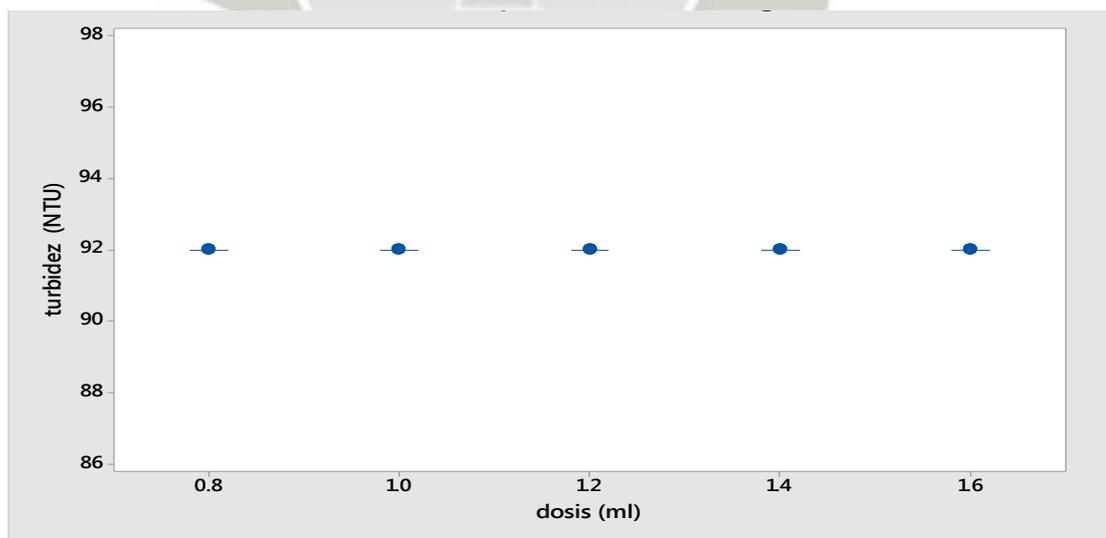


Figura 34. Intervalos de Turbidez (NTU) Vs Dosis (mL) para la muestra n°2 a una concentración de 500 g/ 200 mL mucílago de sábila

- **Tratamiento con dosis de 2 mL, 4 mL, 6 mL, 8 mL, 10 mL a una concentración de 500g/200 mL mucílago sábila en la muestra n°2**

Los puntos son los promedios de las tres repeticiones por cada dosis, las rayas verticales es el rango de los valores obtenidos por cada repetición; las dosis 10 mL posee un valor de turbidez de 92 NTU, si comparamos con la turbidez inicial de la muestra n°2 sin tratar que es de 76 NTU podemos afirmar que no es efectiva; no se observó la formación de flóculos ni la clarificación del agua.

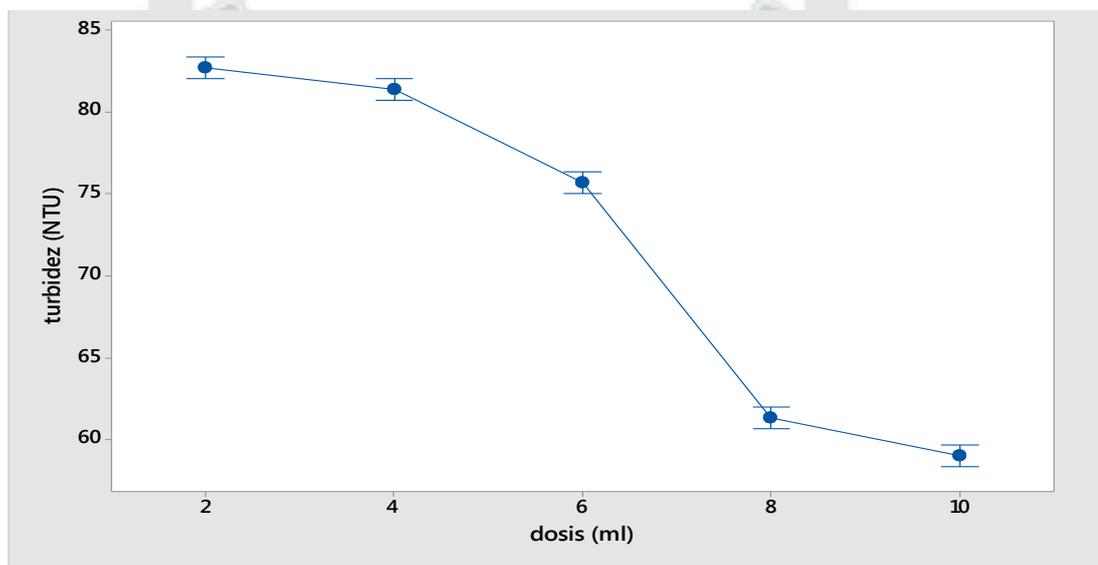


Figura 35. Intervalos de turbidez (NTU) vs. Dosis (mL) para la muestra n° 2 a una concentración de 500 g/200mL

Muestra n° 3

Tratamiento con mucílago de tuna

- **Concentración 100 g de mucílago de tuna en 200 mL de agua destilada**

Los puntos son los promedios de las tres repeticiones por cada dosis, las rayas verticales es el rango de los valores obtenidos por cada repetición; las dosis de 0.8 mL, 1.0 mL, 1.2 mL, 1.4 mL, 1.6 mL posee un valor de turbidez de 73 NTU, por ello no hay diferencia estadística, si comparamos con la turbidez inicial de la muestra n°3 sin tratar que es de 61 NTU podemos afirmar que no es efectiva; no se observó la formación de flóculos ni la clarificación del agua

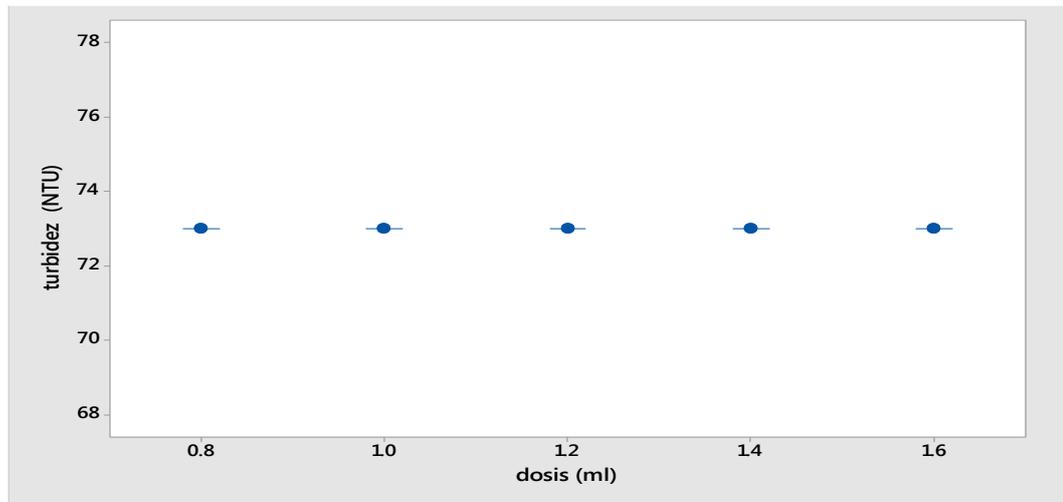


Figura 36. Intervalos de Turbidez (NTU) Vs Dosis (mL) para la muestra n°3 a una concentración de 100 g/ 200 mL mucílago de tuna

- **Concentración 200 g de mucílago de tuna en 200 mL de agua destilada**

Los puntos son los promedios de las tres repeticiones por cada dosis, las rayas verticales es el rango de los valores obtenidos por cada repetición; la dosis de 1.0 mL posee un valor de turbidez de 71 NTU, si comparamos con la turbidez inicial de la muestra n°3 sin tratar que es de 61 NTU podemos afirmar que no es efectiva; no se observó la formación de flóculos ni la clarificación del agua.

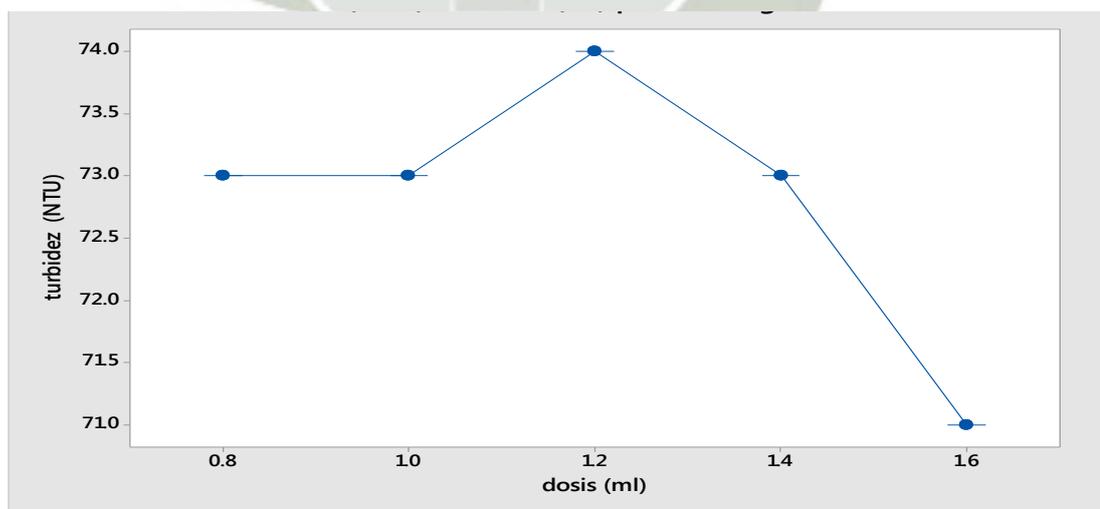


Figura 37. Intervalos de Turbidez (NTU) Vs Dosis (mL) para la muestra n°3 a una concentración de 200 g/ 200 mL mucílago de tuna

- **Concentración 300 g de mucílago de tuna en 200 mL de agua destilada**

Los puntos son los promedios de las tres repeticiones por cada dosis, las rayas verticales es el rango de los valores obtenidos por cada repetición; la dosis de 1.0 mL posee un valor de turbidez de 69 NTU, si comparamos con la turbidez inicial de la muestra n°3 sin tratar que es de 61 NTU podemos afirmar que no es efectiva; no se observó la formación de flóculos ni la clarificación del agua.

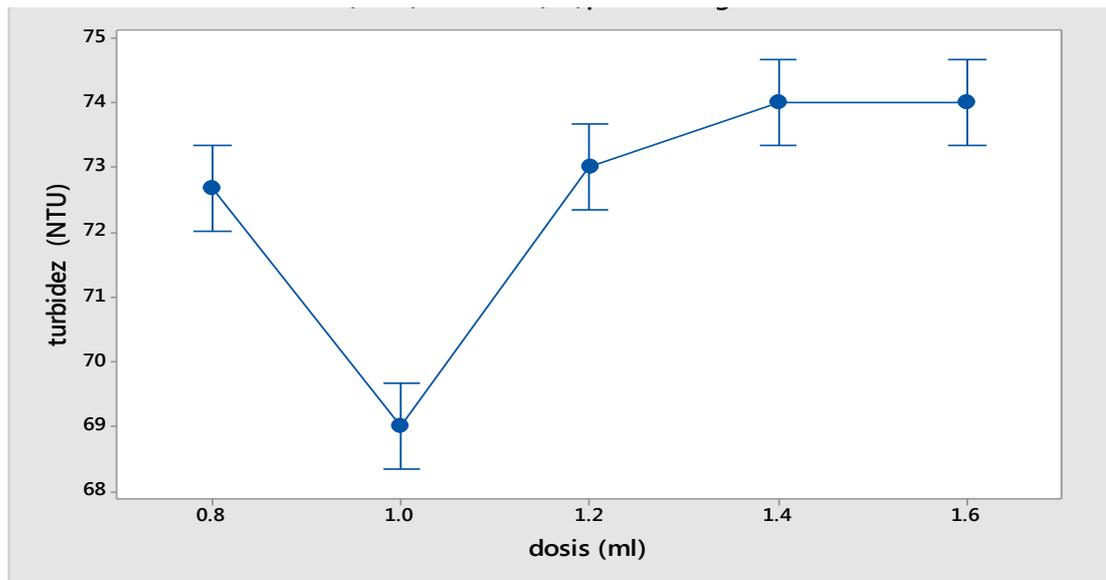


Figura 38. Intervalos de Turbidez (NTU) Vs Dosis (mL) para la muestra n°3 a una concentración de 300 g/ 200 mL mucílago de tuna

- **Concentración 400 g de mucílago de tuna en 200 mL de agua destilada**

Los puntos son los promedios de las tres repeticiones por cada dosis, las rayas verticales es el rango de los valores obtenidos por cada repetición; la dosis de 1.6 mL posee un valor de turbidez de 63.67 NTU, si comparamos con la turbidez inicial de la muestra n°3 sin tratar que es de 61 NTU podemos afirmar que no es efectiva; no se observó la formación de flóculos ni la clarificación del agua.

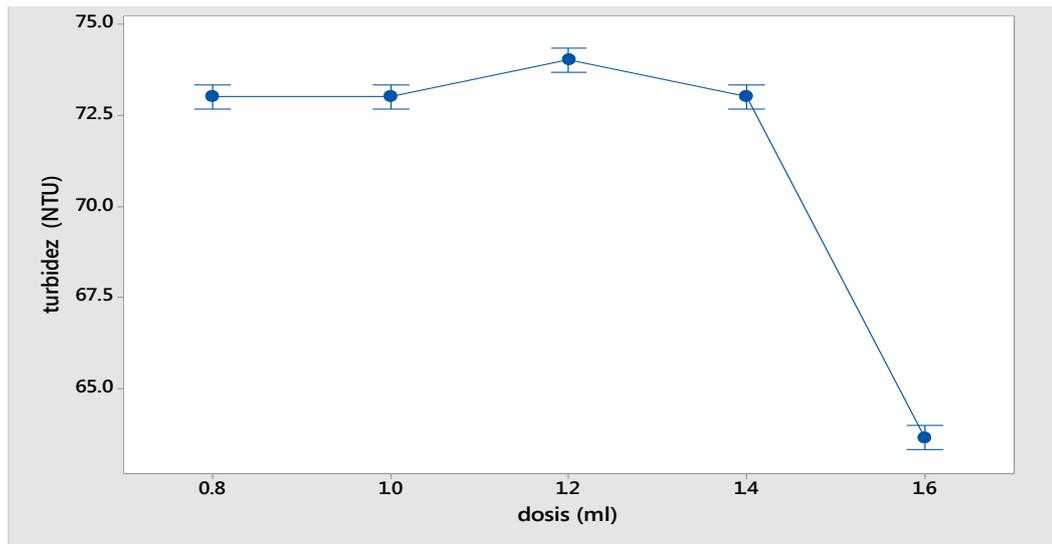


Figura 39. Intervalos de Turbidez (NTU) Vs Dosis (mL) para la muestra n°3 a una concentración de 400 g/ 200 mL mucílago de tuna

- **Concentración 500 g de mucílago de tuna en 200 mL de agua destilada**

Los puntos son los promedios de las tres repeticiones por cada dosis, las rayas verticales es el rango de los valores obtenidos por cada repetición; la dosis de 0.8 mL posee un valor de turbidez de 65 NTU, si comparamos con la turbidez inicial de la muestra n°3 sin tratar que es de 61 NTU podemos afirmar que no es efectiva; no se observó la formación de flóculos ni la clarificación del agua.

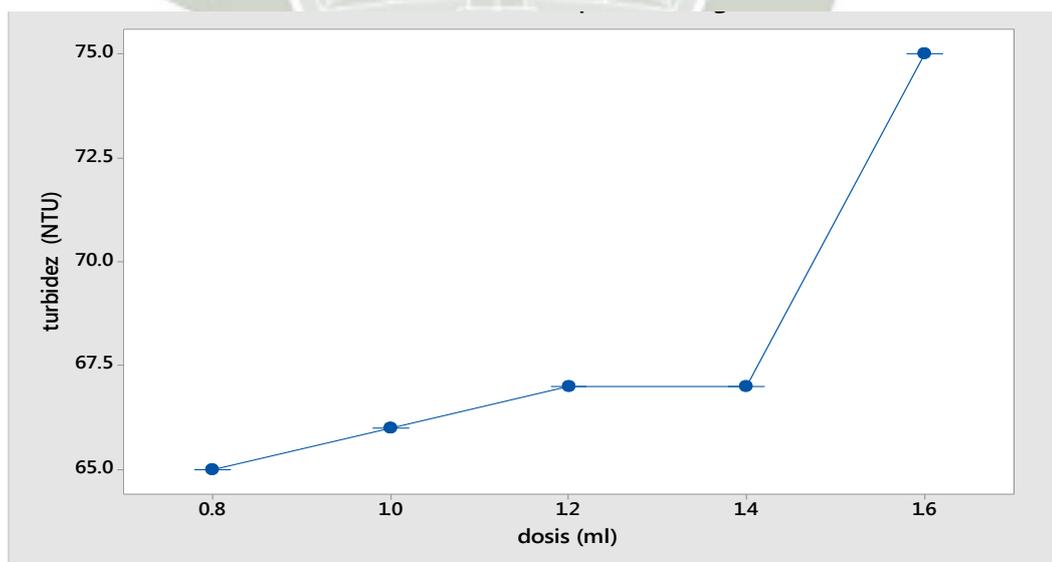


Figura 40. Intervalos de Turbidez (NTU) Vs Dosis (mL) para la muestra n°3 a una concentración de 500 g/ 200 mL mucílago de tuna

- **Tratamiento con dosis de 2 mL, 4 mL, 6 mL, 8 mL, 10 mL a una concentración de 500g/200 mL mucílago Tuna en la muestra n °3**

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Dosis (mL)	4	5785.73	1446.43	1141.92	0.000
Error	10	12.67	1.27		
Total	14	5798.40			

Tabla 5 Análisis de Varianza muestra n° 2 tratamientos con mucílago de sábila

Como el valor p es menor a 0.05 (valor $p < 0.05$), entonces si existe diferencia estadística al nivel de confianza de 95%.

(mL)	N	Media	Agrupación
10	3	139.667	A
8	3	101.000	B
6	3	96.333	C
4	3	90.667	D
2	3	83.333	E

Tabla 6 Comparaciones en parejas de Tukey muestra n° 3 tratamientos con mucílago de tuna

La prueba de Tuckey, muestra que para la dosis de 2mL a una concentración de 500g/200 mL la turbidez mínima es de 83 NTU, mostrando que la tuna incrementa la turbidez en vez de disminuirla ya que la turbidez inicial es de 61 NTU

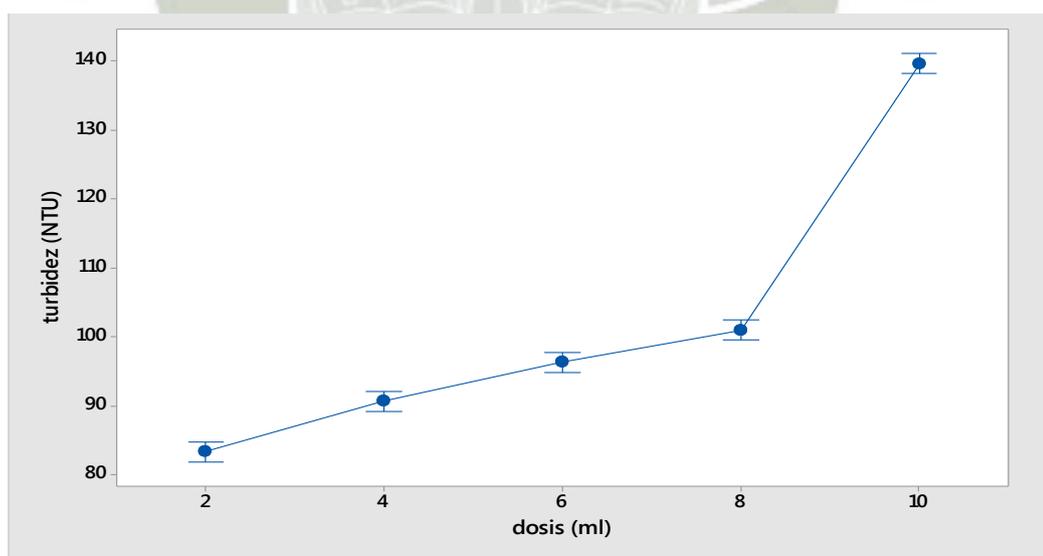


Figura 41. Intervalos de turbidez (NTU) vs. Dosis (mL) para la muestra n° 2 a una concentración de 500 g/200mL

Los puntos son los promedios de las tres repeticiones por cada dosis, las rayas verticales es el rango de los valores obtenidos por cada repetición; la dosis de 0.8 ml, 1.0 mL, 1.2 mL, poseen un valor de turbidez de 83 NTU, si comparamos con la turbidez inicial de la muestra n°3 sin tratar que es de 61 NTU podemos afirmar que no son efectivas; no se observó la formación de flóculos ni la clarificación del agua.

Tratamiento con mucílago de Sábila

- **Concentración 100 g de mucílago de sábila en 200 mL de agua destilada**

Los puntos son los promedios de las tres repeticiones por cada dosis, las rayas verticales es el rango de los valores obtenidos por cada repetición; la dosis de 1.0mL, 1.2 mL, 1.4 mL , 1.6 mL poseen un valor de turbidez de 78 NTU, que son menores a 0,8 mL , si comparamos con la turbidez inicial de la muestra n°3 sin tratar que es de 61 NTU podemos afirmar que no son efectivas ; no se observó la formación de flóculos ni la clarificación del agua

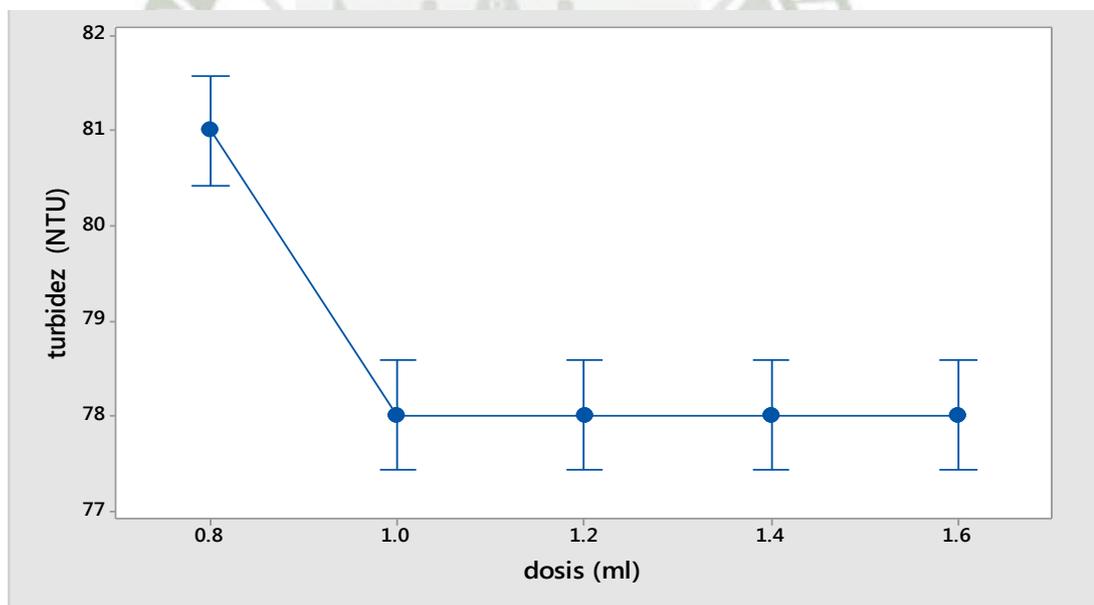


Figura 42. Intervalos de Turbidez (NTU) Vs Dosis (mL) para la muestra n°3 a una concentración de 100 g/ 200 mL mucílago de sábila

- **Concentración 200 g de mucílago de sábila en 200 mL de agua destilada**

Los puntos son los promedios de las tres repeticiones por cada dosis, las rayas verticales es el rango de los valores obtenidos por cada repetición; la dosis de 1.2 mL, posee un valor de turbidez de 71 NTU, si comparamos con la turbidez inicial de la muestra n°3 sin tratar que es de 61 NTU podemos afirmar que no son efectivas; no se observó la formación de flóculos ni la clarificación del agua.

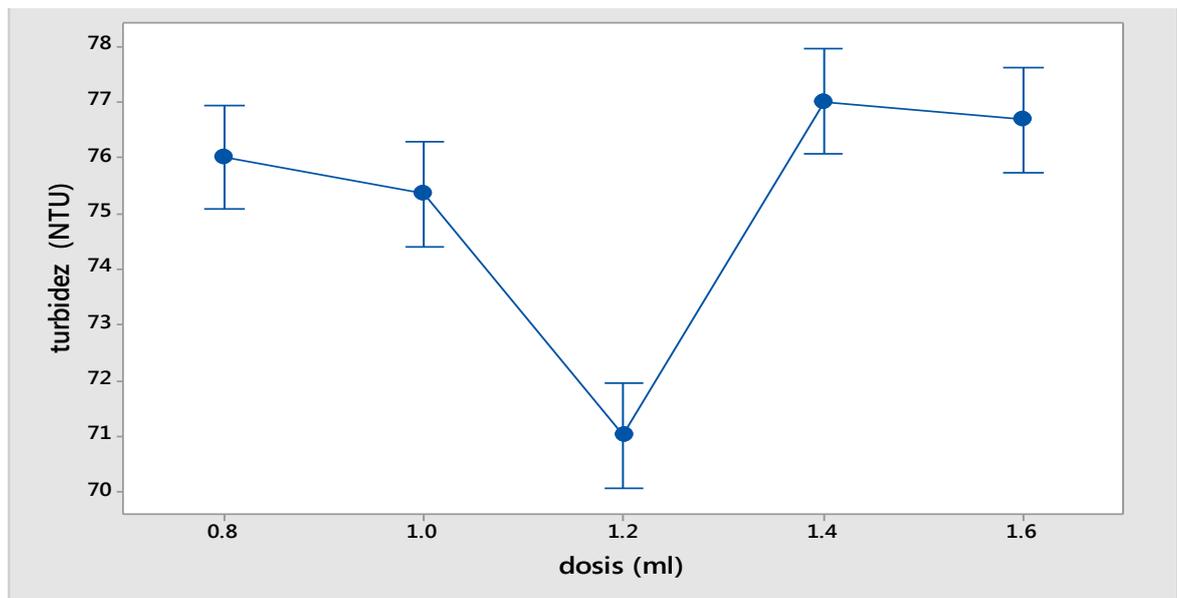


Figura 43. Intervalos de Turbidez (NTU) Vs Dosis (mL) para la muestra n°3 a una concentración de 200 g/ 200 mL mucílago de sábila

- **Concentración 300 g de mucílago de sábila en 200 mL de agua destilada**

Los puntos son los promedios de las tres repeticiones por cada dosis, las rayas verticales es el rango de los valores obtenidos por cada repetición; las dosis de 0.8 mL, 1.0 mL, 1.2 mL, 1.4 mL, 1.6 mL posee un valor de turbidez de 77 NTU, si comparamos con la turbidez inicial de la muestra n°3 sin tratar que es de 61 NTU podemos afirmar que no es efectiva; no se observó la formación de flóculos ni la clarificación del agua.

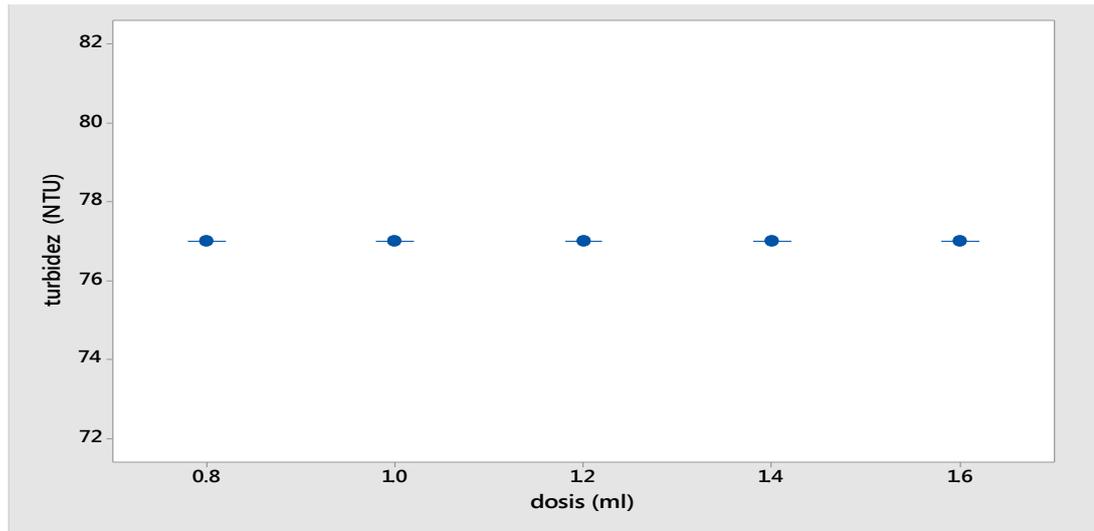


Figura 44. Intervalos de Turbidez (NTU) Vs Dosis (mL) para la muestra n°3 a una concentración de 300 g/ 200 mL mucílago de sábila

- **Concentración 400 g de mucílago de sábila en 200 mL de agua destilada**

Los puntos son los promedios de las tres repeticiones por cada dosis, las rayas verticales es el rango de los valores obtenidos por cada repetición; la dosis de 1.6 mL, posee un valor de turbidez de 70.66 NTU, si comparamos con la turbidez inicial de la muestra n°3 sin tratar que es de 61 NTU podemos afirmar que no son efectivas; no se observó la formación de flóculos ni la clarificación del agua.

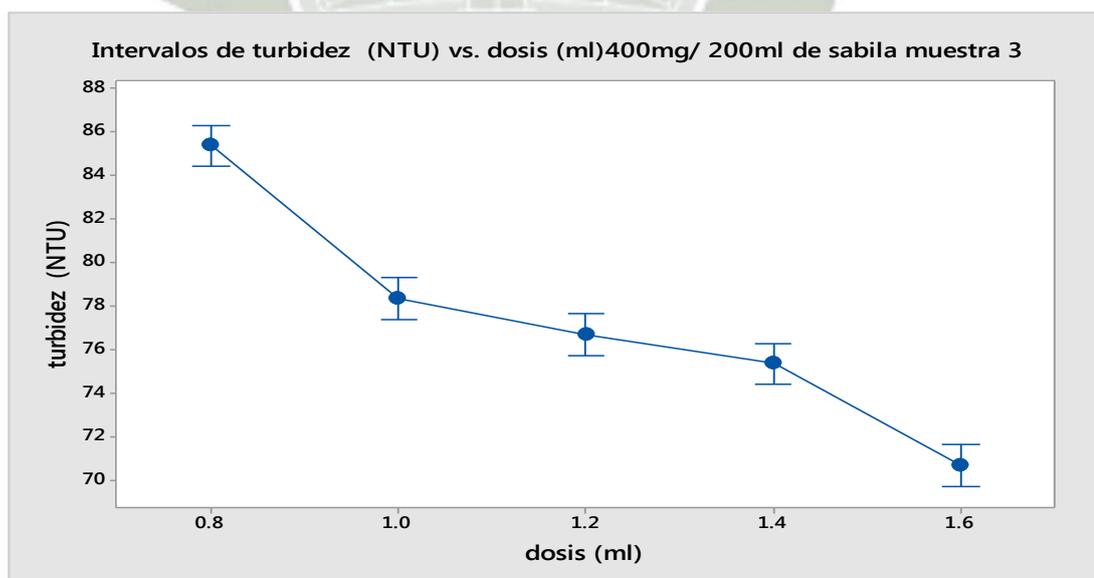


Figura 45. Intervalos de Turbidez (NTU) Vs Dosis (mL) para la muestra n°3 a una concentración de 400 g/ 200 mL mucílago de sábila

- **Concentración 500 g de mucílago de sábila en 200 mL de agua destilada**

Los puntos son los promedios de las tres repeticiones por cada dosis, las rayas verticales es el rango de los valores obtenidos por cada repetición; la dosis de 0.8 ml, 1.0 mL, 1.2 mL, poseen un valor de turbidez de 81 NTU, si comparamos con la turbidez inicial de la muestra n°3 sin tratar que es de 61 NTU podemos afirmar que no son efectivas; no se observó la formación de flóculos ni la clarificación del agua.

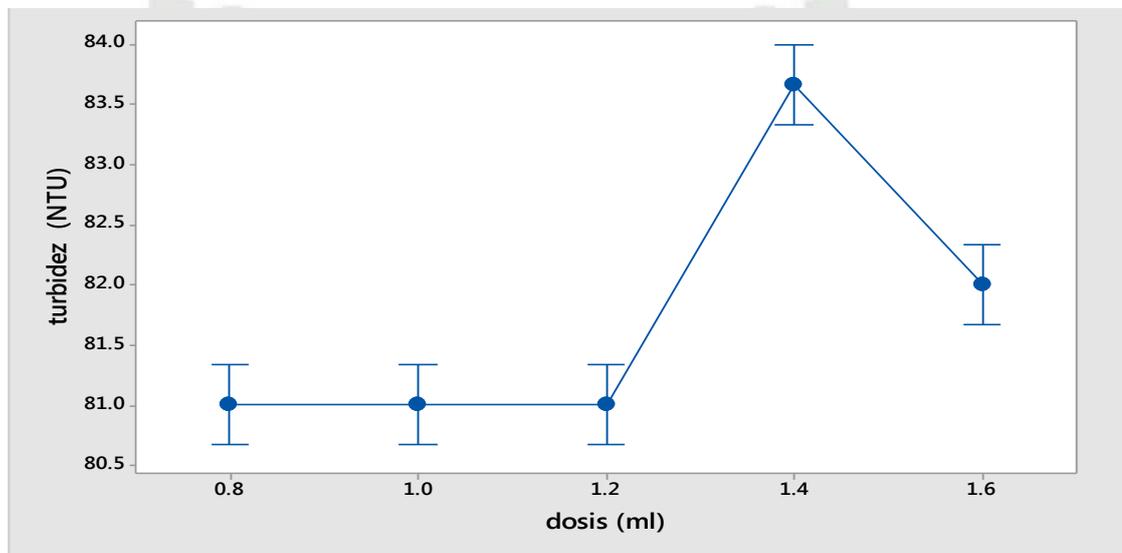


Figura 46. Intervalos de Turbidez (NTU) Vs Dosis (mL) para la muestra n°3 a una concentración de 500 g/ 200 mL mucílago de sábila

- **Tratamiento con dosis de 2 mL, 4 mL, 6 mL, 8 mL, 10 mL a una concentración de 500g/200 mL mucílago sábila en la muestra n °3**

Los puntos son los promedios de las tres repeticiones por cada dosis, las rayas verticales es el rango de los valores obtenidos por cada repetición; la dosis de 0.2.2 mL, poseen un valor de turbidez de 70.3 NTU, si comparamos con la turbidez inicial de la muestra n°3 sin tratar que es de 61 NTU podemos afirmar que no son efectivas; no se observó la formación de flóculos ni la clarificación del agua.

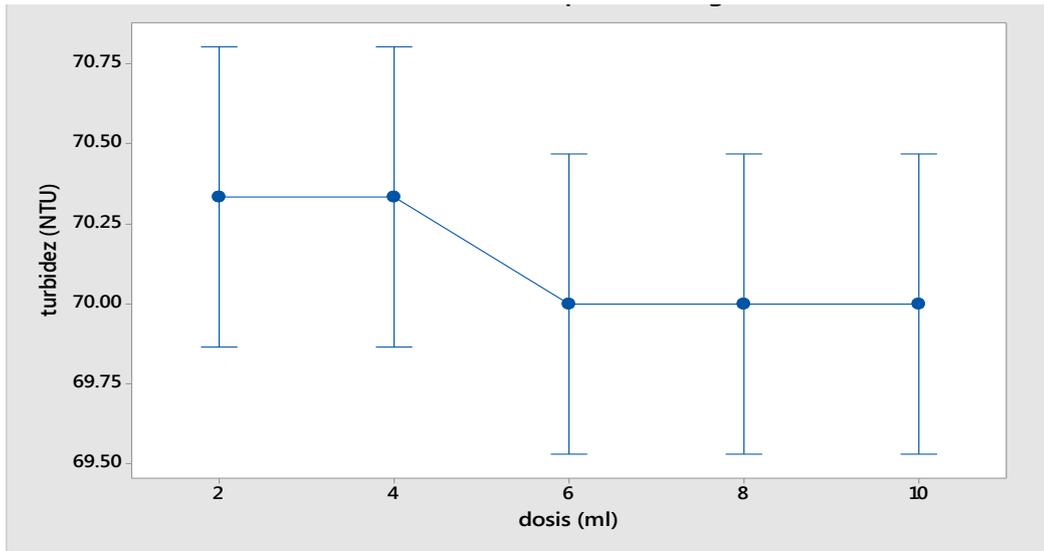


Figura 47. Intervalos de turbidez (NTU) vs. Dosis (mL) para la muestra n° 3 a una concentración de 500 g/200mL

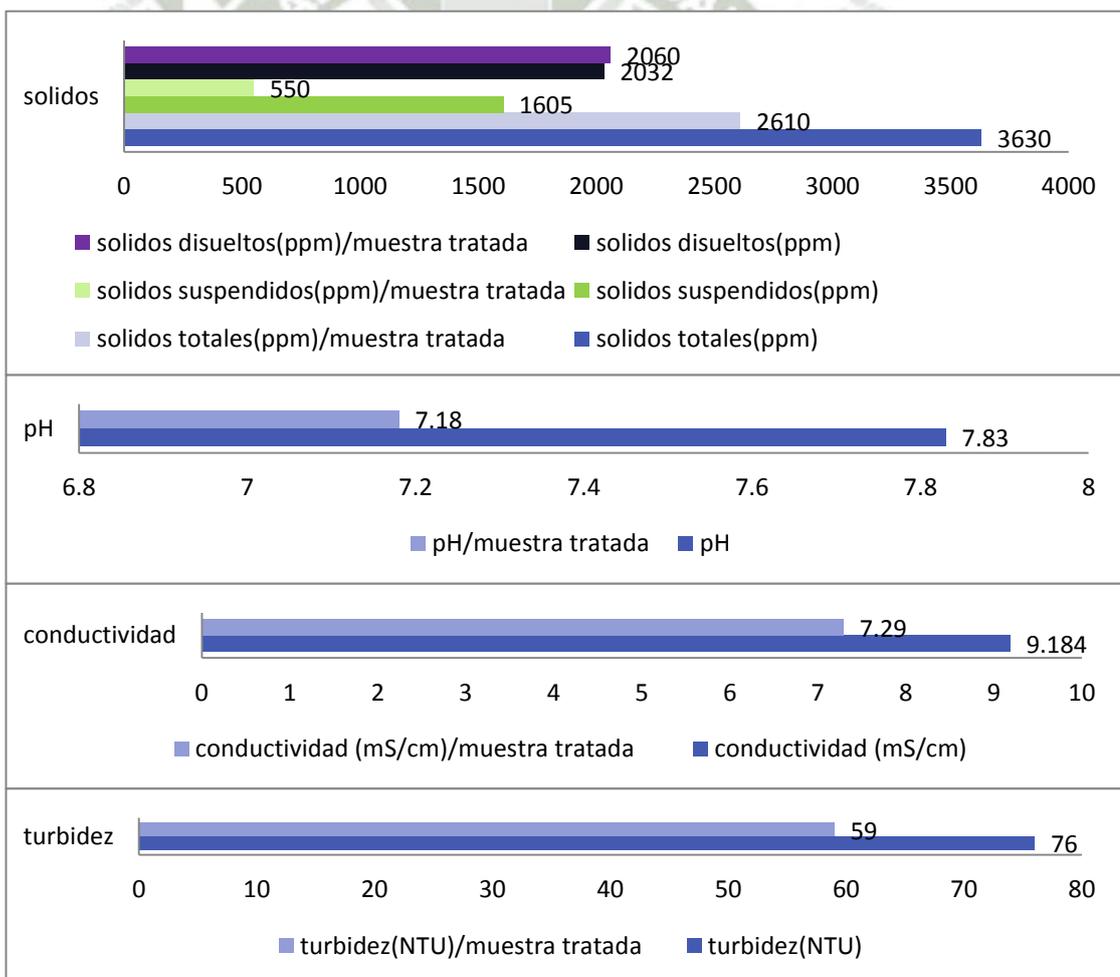


Figura 48. Parámetros muestra n°2 tratada con 10 ml de mucilago de tuna a una concentración de 500 g penca de tuna /200ml de agua destiladas

Los sólidos suspendidos disminuyeron de 1605 ppm a 550 ppm los sólidos totales disminuyeron de 3630 ppm a 2610 ppm a comparación de los sólidos disueltos que incrementaron, el pH permanece dentro del rango neutro mientras que la conductividad paso de 9.184 mS/cm a 7.29 mS/cm, y la turbidez de 76 NTU a 59 NTU

3.4 Tratamiento a las aguas residuales de la empresa Franky y Ricky S.A. con la mezcla del Mucílago de penca de *Opuntia ficus-indica* (penca de tuna/nopal), y Mucílago de hoja de *Aloe vera* (hoja de sábila) y medición de los parámetros fisicoquímicos

Como no se observó resultados óptimos para la muestra n°1 y para la muestra n° 3 se trabajó con la muestra n° 2 a las siguientes concentraciones 30% de mucílago de sábila/70% de mucílago de tuna; 50% mucílago de sábila/50% mucílago de tuna; 70% mucilago de sábila/30% mucílago de tuna los resultados de las mediciones los podemos observar en (Anexos)se tuvo como dosis optima 10 ml a una concentración de 500 g de tuna o sábila/ 200 ml de agua destilada, teniendo como resultado una concentración optima de 30% de mucílago de sábila/70% de mucílago de tuna , esta concentración posee menos efectividad que utilizando solo mucilago de penca de tuna , los parámetros fueron los siguientes turbidez 76 NTU a 60 NTU(Figura 47), los sólidos totales 3630 ppm a 3000 ppm(Figura 48) , la conductividad de 9.184 mS/cm a 6.58 mS/cm(Figura 49) ,pH de 7.83 a 7.25(Figura 50),solidos disueltos de 2032 ppm a 2311 ppm(Figura 51), y solidos suspendidos 1605 ppm a 700 ppm (Figura 52) ;aquí si se observó la formación de flóculos de menor tamaño a comparación de los flóculos formados con el tratamiento realizado únicamente con mucilago de penca de tuna .

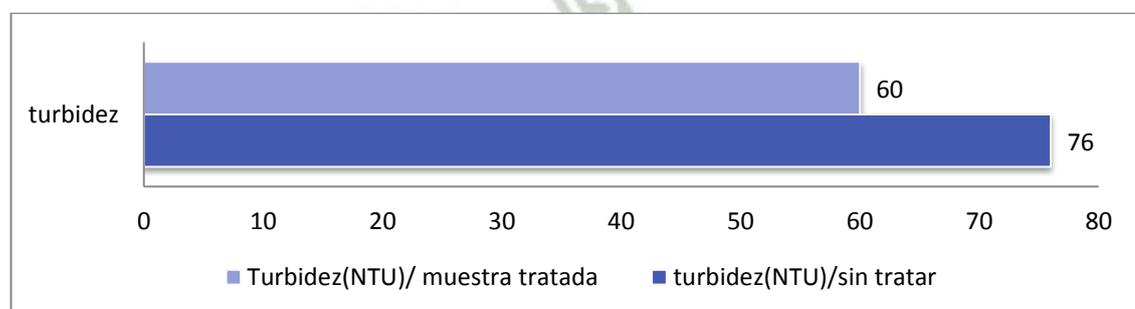


Figura 49. Comparación de la turbidez en la muestra n° 2 sin tratar y tratada con 30% sábila/70% tuna a una concentración de 500g/200ml



Figura 50. Comparación de sólidos totales en la muestra n° 2 sin tratar y tratada con 30% sábila/70% tuna a una concentración de 500g/200ml

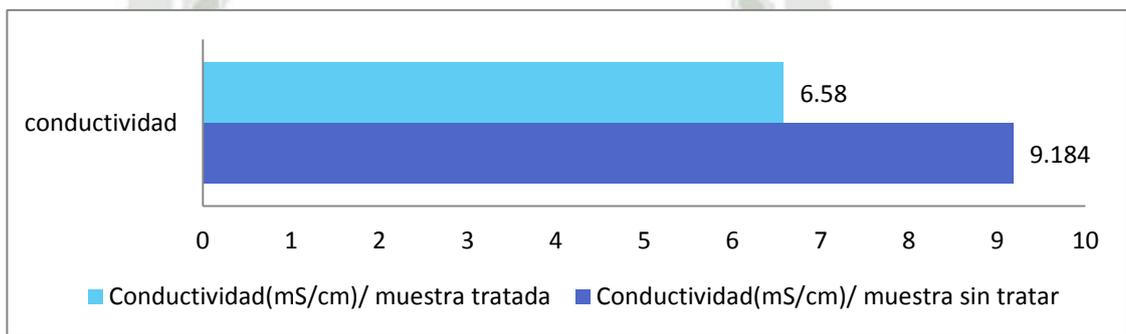


Figura 51. Comparación del parámetro de conductividad en la muestra n° 2 sin tratar y tratada con 30% sábila/70% tuna a una concentración de 500g/200ml

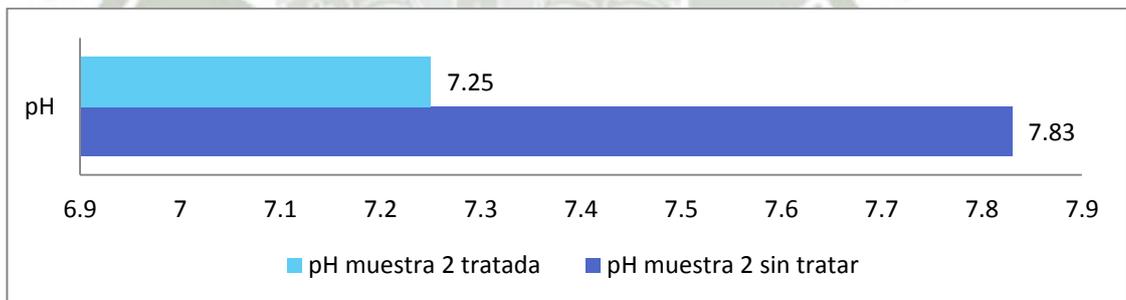


Figura 52. Comparación del parámetro pH en la muestra n° 2 sin tratar y tratada con 30% sábila/70% tuna a una concentración de 500g/200ml

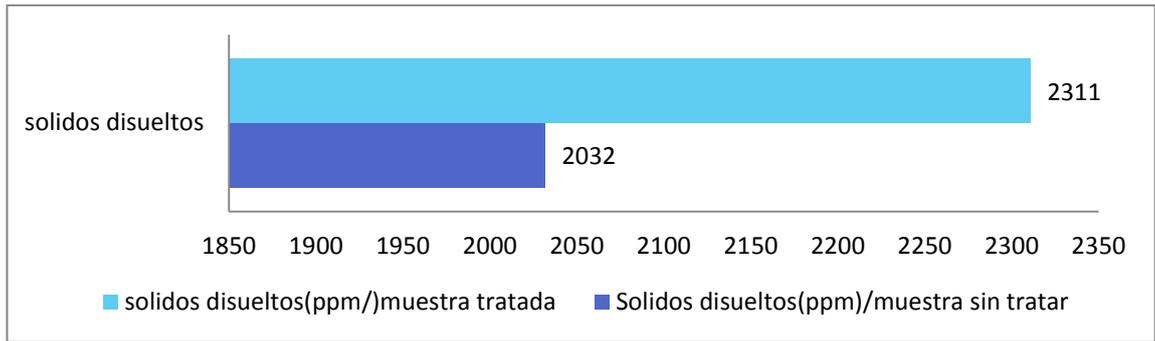


Figura 53. Comparación de solidos disueltos en la muestra n° 2 sin tratar y tratada con 30% sabila/70% tuna a una concentración de 500g/200ml



Figura 54. Comparación de solidos suspendidos en la muestra n° 2 sin tratar y tratada con 30% sabila/70% tuna a una concentración de 500g/200ml

3.4.1 Analisis estadistico para Tratamiento a las aguas residuales de la empresa Franky y Ricky S.A. con la mezcla del Mucílago de penca de *Opuntia ficus-indica* (penca de tuna/nopal), y Mucílago de hoja de *Aloe vera* (hoja de sábila) y medición de los parámetros fisicoquímicos

El tratamiento realizado a una concentración de 30% de sabila con 70% de mucílago de tuna es efetivo ya que reduce la turbidez (*figura 56*) a comparacion de las otras dos concentraciones trabajadas además presenta la formación de flóculos de menor tamaño que la muestra tratada unicamente con tuna, y la remoción de color es mínima , podemos decir que es efectiva.

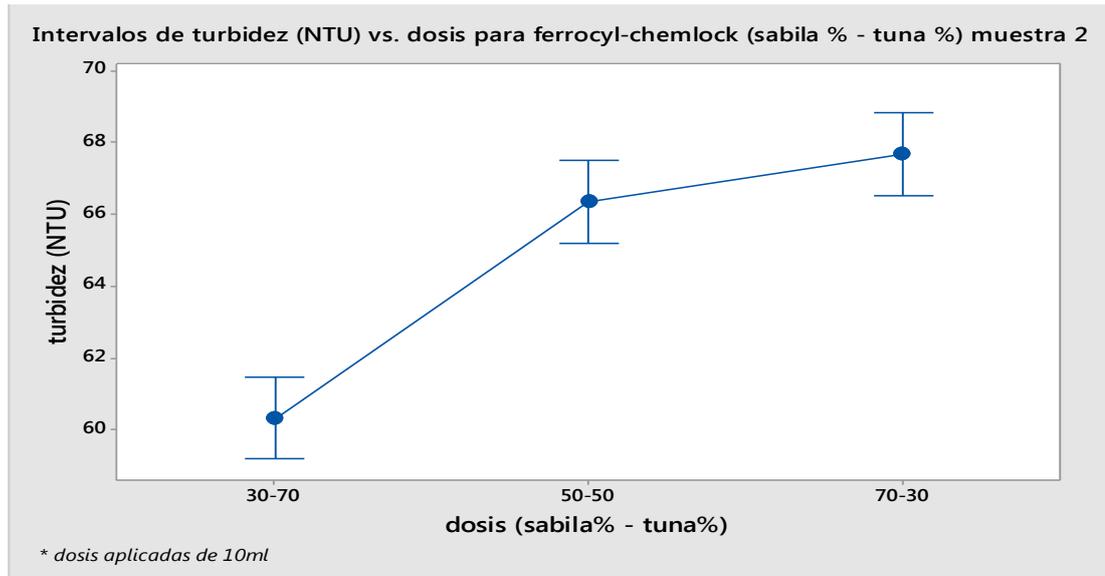


Figura 55 Intervalos de Intervalos de turbidez (NTU) vs. Dosis (mL) para la muestra n°2 a 30% de sábila/70% tuna, 50% de sábila/50% tuna, 30% de tuna/70% sábila

3.5 Comparación entre las dosis efectivas del mucilago de penca de tuna, mucilago de hoja de sábila, mezcla de ambos mucilagos y floculantes-coagulantes orgánicos Ferrocryl^R y Chemlok 2040^R

El tratamiento con floculantes-coagulantes orgánicos es más efectivo que los floculantes-coagulantes naturales, ya que los orgánicos son efectivos para los 3 tipos de muestra tratadas, mientras que el mucilago de la tuna solo es efectiva en la muestra n°2 y el mucilago de sábila permite reducir la conductividad mas no permite la formación de flóculos ni la clarificación del agua, y la mezcla de ambos mucilagos tanto el de *Aloe vera* como el de *Opuntia ficus-indica* a una concentración de 30% de sábila/70% de tuna permite la formación de pequeños flóculos y permite la clarificación en menor efectividad que utilizando solo la el mucilago de *Opuntia ficus-indica* (tuna) .

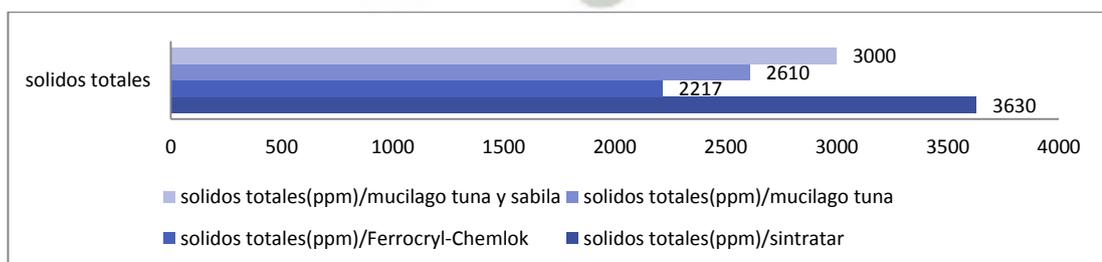


Figura 56. Comparación del parámetro sólidos totales en la muestra n°

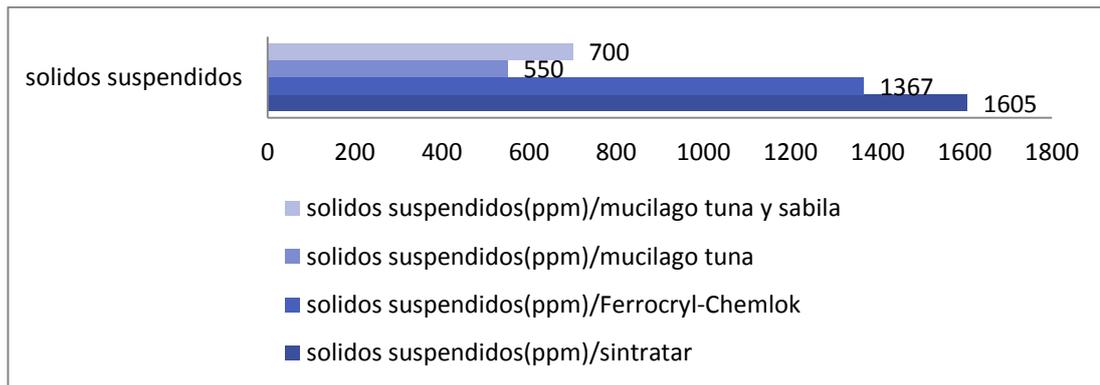


Figura 57. Comparación del parámetro sólidos suspendidos en la muestra n°2

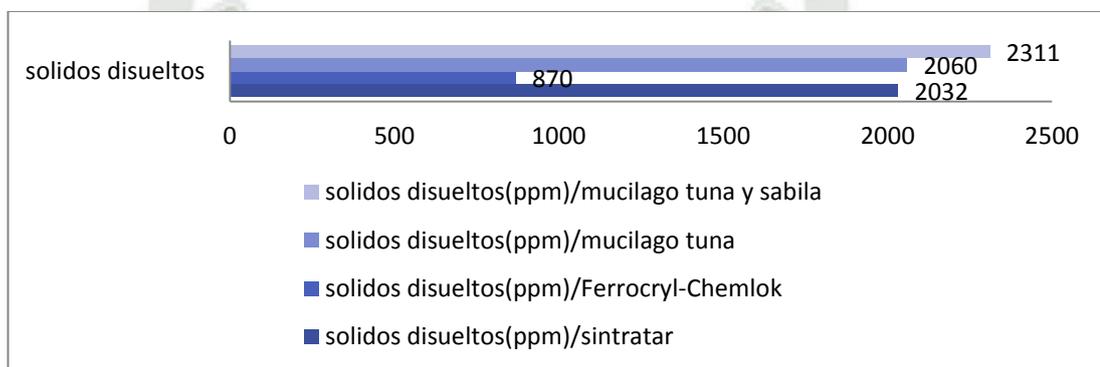


Figura 58. Comparación del parámetro sólidos disueltos en la muestra n° 2

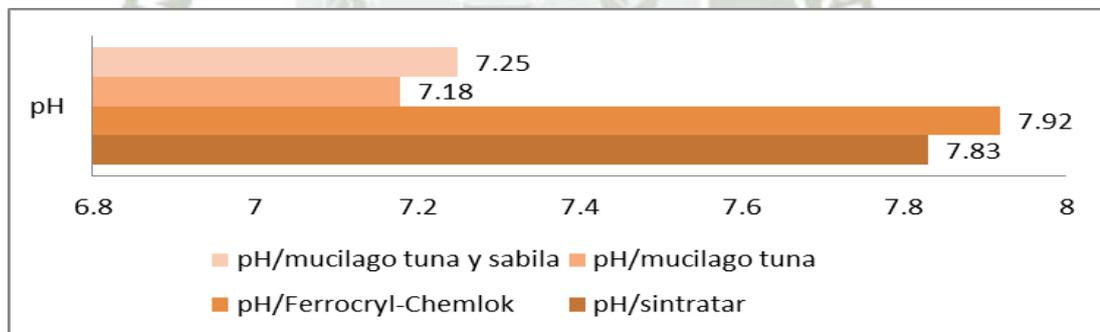


Figura 59. Comparación del parámetro pH en la muestra n°2

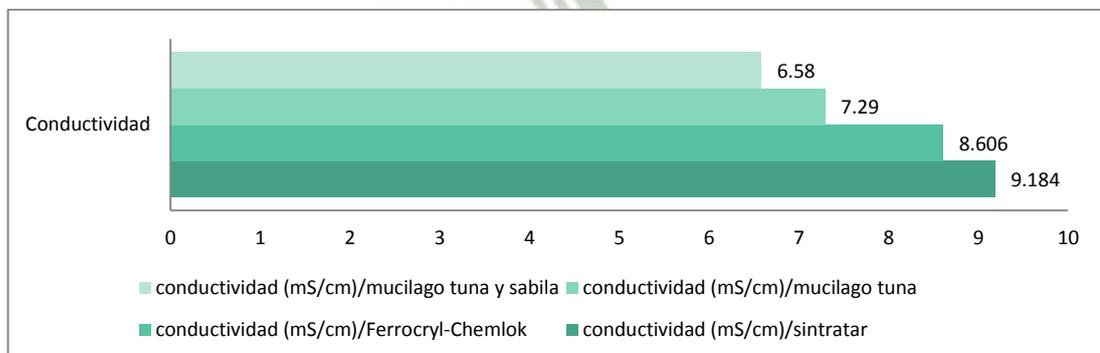


Figura 60. Comparación del parámetro conductividad en la muestra n°2

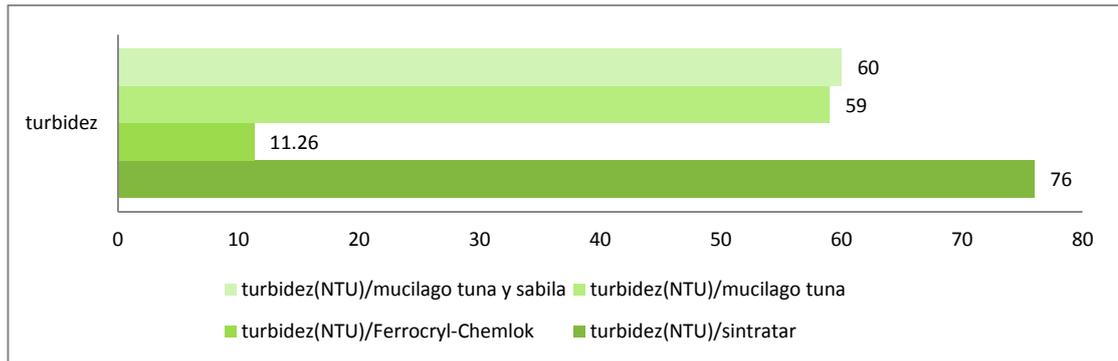


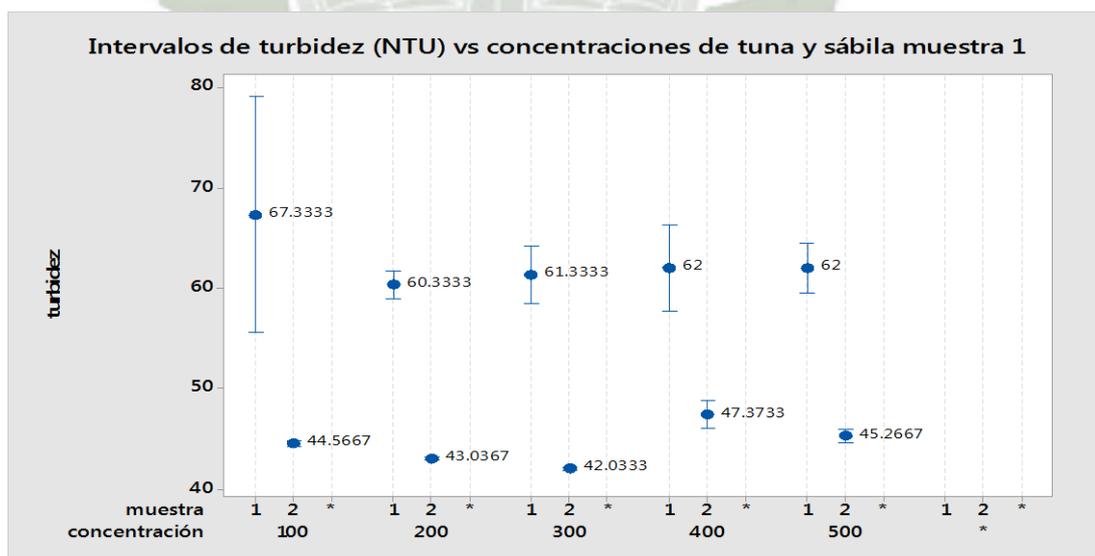
Figura 61. Comparación del parámetro turbidez en la muestra n°2

3.5.1 Análisis estadístico para la Comparación entre las dosis efectivas del mucilago de penca de tuna, mucilago de hoja de sábila, mezcla de ambos mucilagos y floculantes-coagulantes orgánicos Ferrocryl R y Chemlok 2040

3.5.1.1 Comparación entre el mucilago de tuna y sábila en “Gráfica de intervalos para las muestra n° 1,2 y 3” a las concentraciones de 100 g / 200 mL, 200 g / 200 mL, 300 g / 200 mL, 400 g / 200 mL, 500 g / 200 mL Muestra n°1

a. Tuna vs sábila

Comparación de los mejores valores de turbidez en las diferentes concentraciones del mucilago de la penca tuna y sábila



Leyenda: 1: tuna 2: sábila

Figura 62. Intervalos de turbidez (NTU) Vs Concentraciones de tuna y sábila en la muestra n°1.

Se observa en el gráfico de intervalos de confianza la diferencia entre los valores de turbidez a las diferentes concentraciones de mucílago tuna y concentraciones de mucílago sábila. Es evidente que todas las concentraciones de sábila trabajadas son mejores a las concentraciones de mucilago de tuna .La concentración de 300g/ 200 mL de mucílago de sábila presenta el menor valor de NTU que es de 42 NTU, comparando este valor con el de la turbidez inicial que fue de 67 NTU podemos decir que redujo la turbidez pero no podemos considerarla efectiva que no se observó la formación de flóculos ni la remoción de color

b. Sábila

A continuación el gráfico de intervalos entre las mejores concentraciones para sábila.

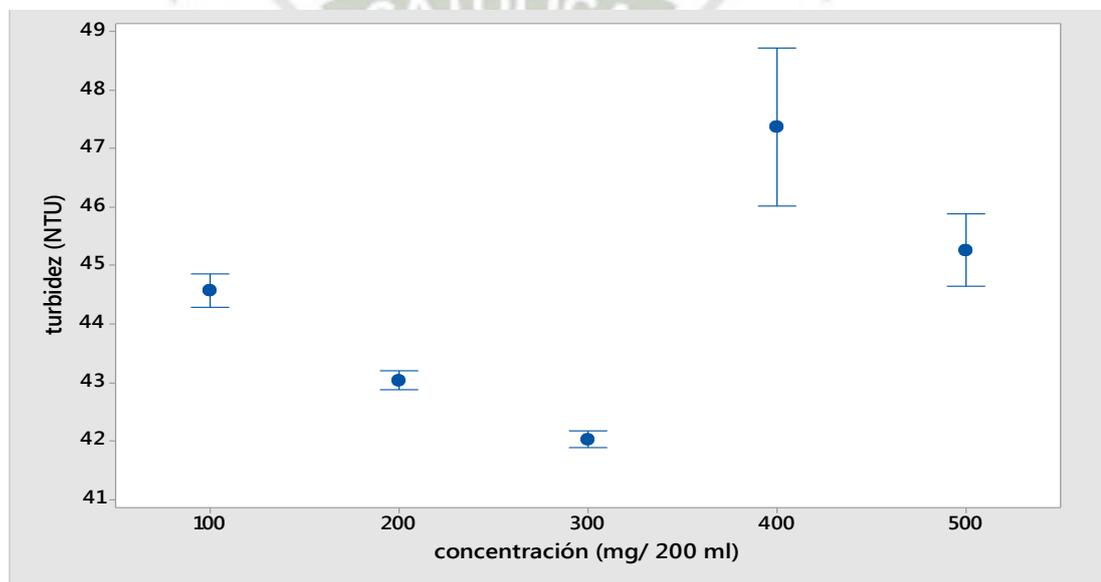


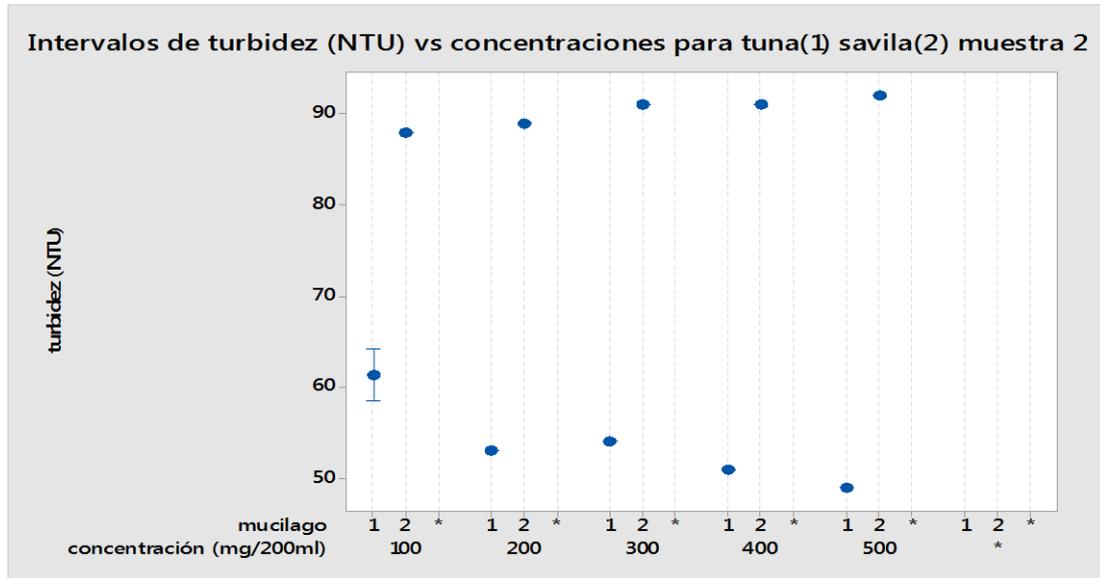
Figura 63. Intervalos de turbidez (NTU) Vs Concentraciones de sábila en la muestra n°1.

Se muestra que a la concentración de 300 mg/200 ml de mucilago de sábila la turbidez es de 42 NTU a un nivel del 95% es la mejor.

Muestra n° 2:

a. Tuna vs sábila

Ahora trabajando con los mejores valores obtenidos a concentración de 100 a 500 mg/200mL, obtenemos el siguiente gráfico de intervalos de confianza al 95%. Observamos que las concentraciones del mucílago de la tuna son las mejores.



Leyenda: 1. tuna 2. sábila

Figura 64 Intervalos de turbidez (NTU) Vs Concentraciones de tuna y sábila en la muestra n°2

b. Tuna

Observamos en el grafico que la concentración de 500 mg/200 ml es la mejor, ya que también es la única muestra que presenta la presencia de flóculos y remoción de color

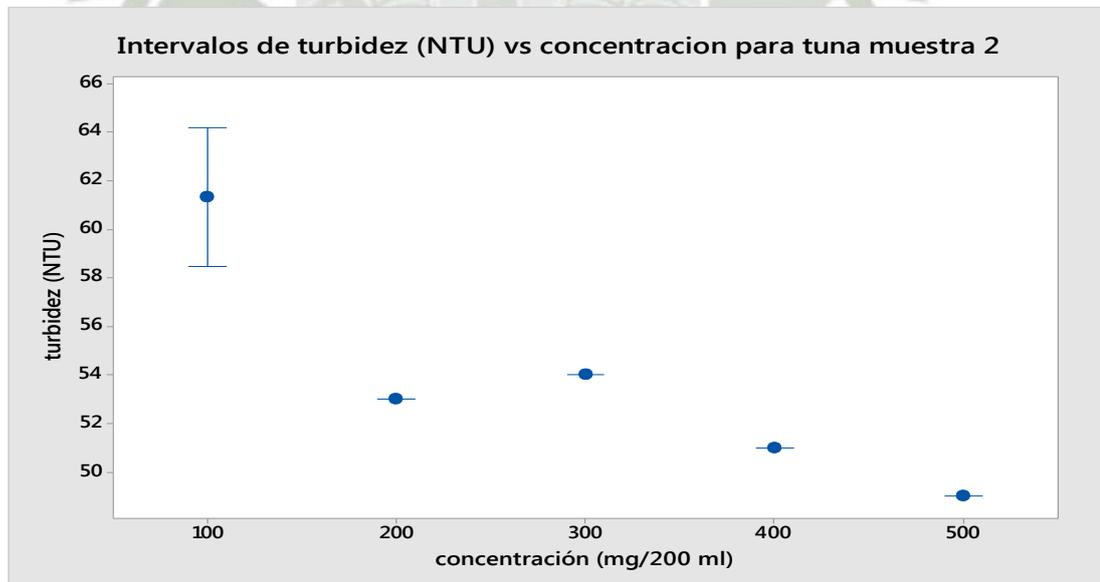


Figura 65 Intervalos de turbidez (NTU) Vs Concentraciones de tuna en la muestra n°2

3.5.1.2 Intervalo de confianza turbidez inicial Vs. Turbidez muestras tratadas con ferrocryl®-chemlok 2040 ®, mucílago de sábila, tuna y la mezcla de ambos mucílagos

Muestra n° 1

La efectividad en la remoción de turbidez y color, está dada claramente en la muestra n°1 tratada con los floculantes-coagulantes orgánicos obteniendo el valor más bajo de turbidez.

Pero al comparar los floculantes-coagulantes naturales, se observa el mucílago de sábila reduce mejor la turbidez que el mucílago de tuna, pero no se considera efectivo ya que no hay la presencia de flóculos ni remoción de color como sucede con floculantes-coagulantes orgánicos.

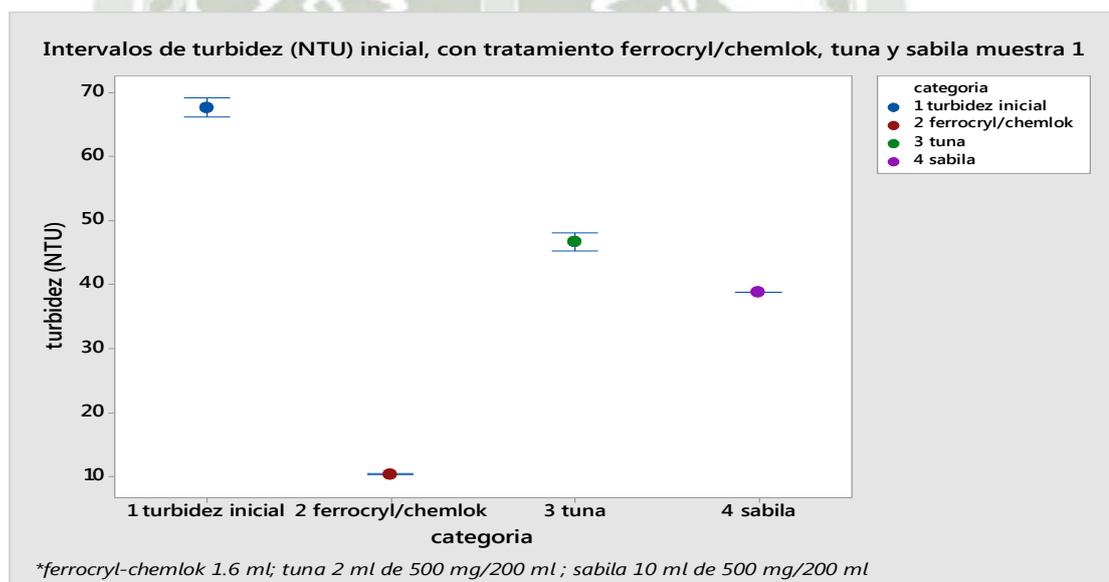


Figura 67. Intervalo de confianza turbidez inicial Vs. Turbidez muestras tratadas con ferrocryl®-chemlok 2040 ®, mucílago de sábila, tuna en la muestra n°1

Muestra 2

La efectividad en la remoción de turbidez y color, está dada claramente en la muestra n°2 tratada con los floculantes-coagulantes orgánicos, obteniendo el valor más bajo de turbidez.

Pero al comparar los floculantes-coagulantes naturales, el mucílago de tuna reduce la turbidez en una dosis de 10 mL a una concentración de 500 g/200 mL, a esta dosis

se observa la presencia de flóculos, remoción de color, del mismo modo pasa con la i mezcla 30% sábila/70% tuna, pero está en menor proporción de efectividad ya que los flóculos son más pequeños en consecuencia la remoción del color menor, por ende queda en desventaja el mucilago de sábila ya que presenta un valor de turbidez mayor al valor de la turbidez inicial(Figura 68)

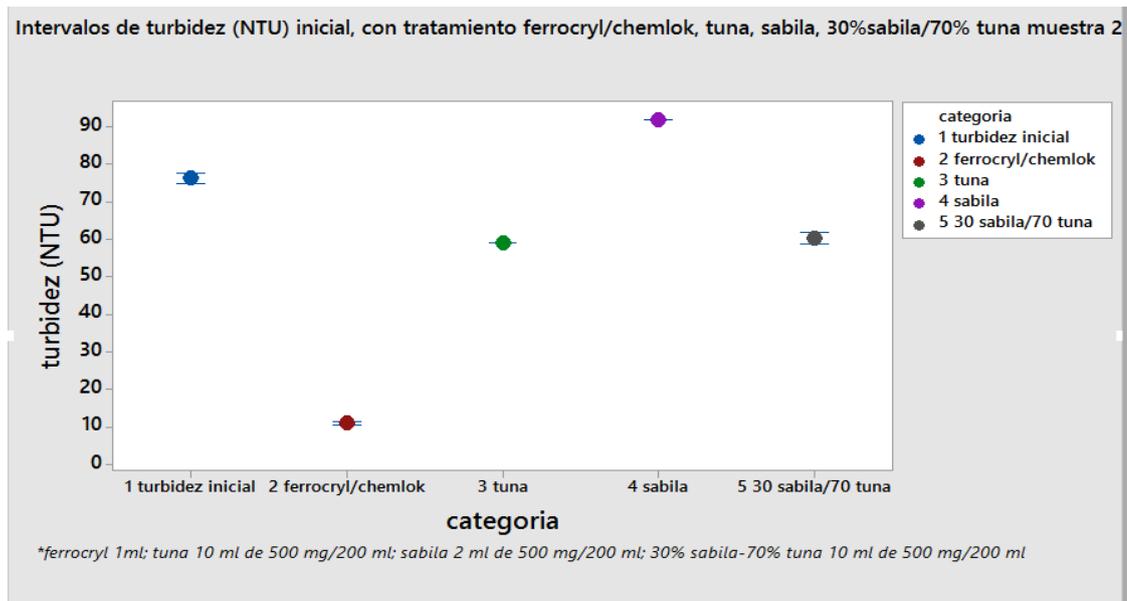


Figura 68. Intervalo de confianza turbidez inicial Vs. Turbidez muestras tratadas con ferrocryl®-chemlok 2040®, mucílago de sábila, tuna y la mezcla de ambos mucílagos a una concentración de 30% sábila/70% tuna en la muestra n°2

MUESTRA 3

La efectividad en la remoción de turbidez y color, está dada claramente en la muestra n°23 tratada con los floculantes-coagulantes orgánicos obteniendo el valor más bajo de turbidez.

El tratamiento realizado con mucilago de sábila y tuna quedan descartados ya que la turbidez incrementa en vez de disminuir, por ende el tratamiento con los floculantes-coagulantes orgánicos es la mejor opción.

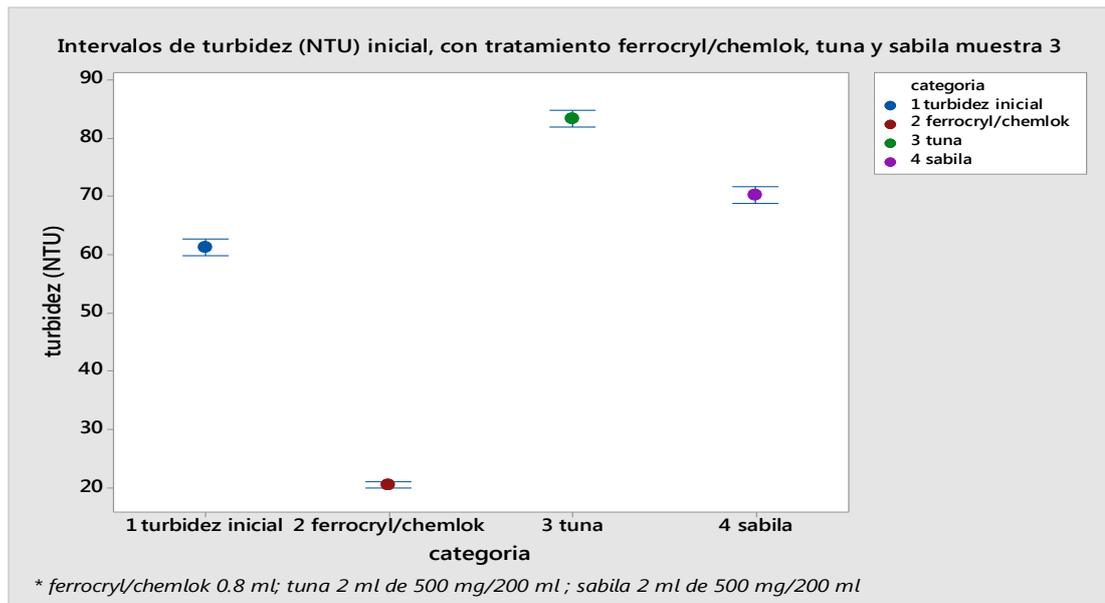
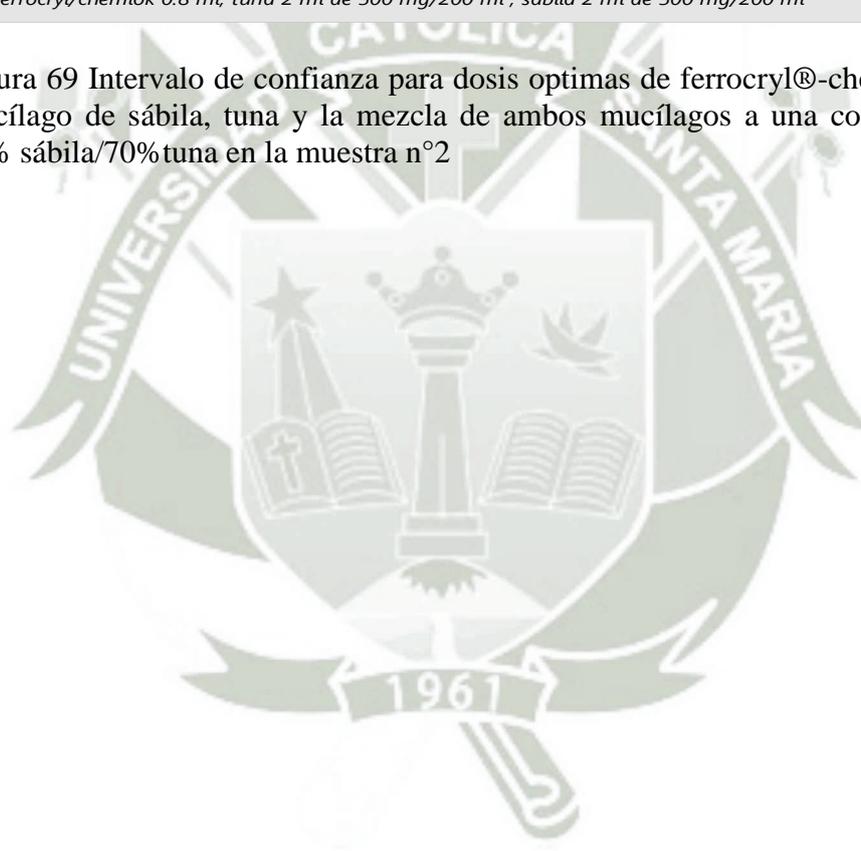


Figura 69 Intervalo de confianza para dosis optimas de ferrocryl®-chemlok 2040 ®, mucílago de sábila, tuna y la mezcla de ambos mucílago a una concentración de 30% sábila/70% tuna en la muestra n°2



CONCLUSIONES

- PRIMERO** : El empleo de mucílago de sábila sobre las muestras 1, 2, y 3 dio como resultados negativos, es decir no posee la capacidad clarificar, ni removerla turbidez del agua textil. El mucílago de tuna posee capacidad clarificante sobre la muestra n°2, donde se observó la formación de flóculos .Para la mezcla de mucilagos tanto de tuna como sábila la concentración efectiva fue de 70% de tuna y 30% de sábila, aquí también se observaron la formación de flóculos pero en menor cantidad y consistencia que la muestra tratada únicamente con mucílago de tuna.
- SEGUNDO** : El empleo de los coagulantes orgánicos de síntesis (Ferrocryl® y Chemlok 2040®) son efectivos para las 3 muestras de agua textil, dosis optima muestra n°1, 1.6 mL Ferrocryl® / 1. mL Chemlok 2040®, muestra n°2, 1.0 mL Ferrocryl®/ 1.0 mL Chemlok 2040®, muestra n°3, 0.8 mL Ferrocryl®/ 0.8 mL Chemlok 2040®.; para la muestra n°2 tratada con mucilago tuna fue de 10 mL a una concentración de 500 g/200 ml
- TERCERO** : Sé comparo y se estableció cuál de los floculantes-coagulantes orgánicos y naturales es más efectivo para el tratamiento de aguas residuales textiles de la empresa Franky y Ricky S.A. Teniendo como alternativa natural efectiva el mucílago de tuna a una concentración de 500g/200ml en una dosis de 10 ml , sobre los coagulantes-floculantes naturales ,pero en menor efectividad que el Ferrocryl ®& Chemlok 2040®,

RECOMENDACIONES

- Al aplicar cualquier tipo de floculante-coagulante ya sea orgánico o inorgánico es necesario verificar y establecer la velocidad rápida y lenta del equipo de prueba de jarras, ya que esta determinara la calidad de la formación de los flóculos, ya que si la velocidad es muy agresiva romperá los flóculos y si es muy lenta no permitirá la formación de los mismos utilizando más cantidad de material es decir de coagulante y floculante , teniendo una dosis optima errónea



REFERENCIAS

1. Sánchez J, Beltran J, Carmona C, y Gibello P. 2011. Absorbentes naturales a partir de taninos. Una propuesta de reutilización de residuos forestales para la purificación de aguas. *Cuides, Universidad de Extremadura*, 7: 125- 139, ISSN 1889-0660
2. Aguilar, M., Sáez, J., Lloréns, M., Soler, A., & Ortuño, J. F. (2002). *Tratamiento fisicoquímico de aguas residuales (Coagulación-Floculación)*. España: Servicio de publicaciones.
3. Dorea C. 2006. Use of *Moringa* spp.seeds for coagulation: a review of a sustainable option. *Water Science* 6 No. 1, 219-227.
4. Lujano, A., Roa, G., Ramírez, M. T., Barrera,, C., & Balderas, P. (s.f.). *REMOCIÓN DE COLORANTES DE Aguas Provenientes De Industrias Textiles Usando Electrocoagulación*. Toluca.
5. Ghoreischi , S., & Haghghi, R. (2011). "Chemical catalytic reaction and biological oxidation". *Chemical Engineering Journal*, 163- 169.
6. Vásquez Gonzales, O. (1994). *Extracción de Coagulantes Naturales del Nopal (tesis de postgrado)*. Universidad Autonoma De Nuevo León: Monterrey, Nuevo León
7. Vega G, A., Ampuero C, N., Díaz N., L., & Lemus M., R. (diciembre de 2005). El Aloe vera (*Aloe barbadensis miller*) como componente de alimentos funcionales. *Revista chilena de nutrición*, 32(1)
8. Kandelbauer , A., & Guebitz G.M., G. M. (2005). Bioremediation for the decolorization of textile dyes - a review. . (E. Lichtfouse , S. Dudd , & D. Robert , Edits.) *En Environmental Chemistry*, 269-288
9. Kuhad , R. C., Sood , N., Tripathi, K. K., Singh, A., & Ward, O. P. (2004). *Developments in microbial methods for the treatment of dye effluents*. 185-213. 185-213.
10. Okunda, T., Baes, A., Nishjimina, W., & Okanda, M. (2001). *Insolation and Characterizacion of Coagulant Extracted from Moringa Oleifera Seed by salt Solution*. *Wat*, 35(2), 405.410.

11. Guzmán Loayza, D., & Chávez, J. (ene./mar. de 2007). Estudio bromatológico del cladodio del nopal (*Opuntia ficus-indica*) para el consumo humano. *Rev. Soc. Quím.*, 41-45.
12. Abraján Villaseñor, M. (2008). Efecto del Método de Extracción en las Características Químicas y Físicas del Mucílago del Nopal (*Opuntia ficus-indica*) y Estudio de su Aplicación Como Recubrimiento Comestible. Valencia.
13. Kiesling R. Origen - Domesticación y Distribución de *Opuntia ficus-indica*. Instituto de Botánica Darwinion. 2001. p. 1 – 3
14. Sáenz, C. (2006). Utilización Agroindustrial del nopal. *Boletín de servicios agrícolas de la FAO*.
15. Carrión López, L. M. (Septiembre de 2014). Determinación de métodos de extracción y uso de biopolímeros de *Opuntia ficus indica*. Cartagena.
16. Granados, D., & Castañeda P, A. (s.f.). "El nopal (historia, fisiología, genética e importancia frutícola). Primera Edición.
17. Almendárez N. Comprobación de la efectividad del coagulante (cochifloc) en aguas del lago de Managua "Piedras Azules". Centro de Investigación y Estudios en Medio Ambiente, Universidad Nacional de Ingeniería "Campus Simón Bolívar", Managua (Nicaragua) 2004 mar.
18. Villabona Ortiz, A., Paz Astudillo, I. C., & Martínez García, J. (Julio de 2013). Caracterización de la *Opuntia ficus-indica* para su uso como coagulante natural. *Rev. Colomb. Biotecnol.* , No.1, 137-144.
19. Vega G, A., Ampuero C, N., Díaz N., L., & Lemus M., R. (diciembre de 2005). El Aloe vera (*Aloe barbadensis miller*) como componente de alimentos funcionales. *Revista chilena de nutrición*, 32(1).
20. Ferraro, G. (diciembre de 2009). Revisión de la aloe vera (*Barbadensis Miller*) en la dermatología actual. *Revista argentina de dermatología*, 90(4)
21. Reynolds, T., & Dweck , A. C. (1999). Aloe vera leaf gel: a review update. . *Journal Ethnopharmacology* 68, 3-37.
22. Domínguez-Fernández, R., Arzate-Vázquez, I., Chanona-Pérez, J., Welti-Chanes, J., Alvarado-González, J., Calderón-Domínguez, G., y otros. (ABRIL de 2012). El gel de Aloe vera: estructura, composición química, procesamiento,

- actividad biológica e importancia en la industria farmacéutica y alimentaria. *Revista Mexicana de ingeniería química*, 11(1).
23. Garcés Mendoza, M. V. (2004). "Identificación de los Aminoácidos Esenciales para uso medicinal en la Sábila (Aloe vera). Guayaquil, Ecuador.
 24. Hernández, A. (1994). *Depuración de aguas residuales*. Paramimbo.
 25. Metcalf. (1979). *Wastewater Engineering Treatment Disposal Reuse 2nd Ed.* New York: McGraw-Hill International Editions.
 26. Andía Cárdenas, Y. (abril de 2000). Coagulación y floculación. *Sedapal*, 6-34.
 27. Cabrera Bermúdez, X., Fleites Ramírez, M., & Contreras Moya, A. M. (2009). Estudio del Proceso de Coagulación-Floculación de aguas residuales de la empresa textil "Desembarco del Granma" a escala del laboratorio. *Tecnología Química*, pp. 64-73.
 28. Gonzales, Y. (2008). *Utilización de floculantes en tratamiento de los residuales lácteos*. Santiago de Cuba.
 29. Aoki, K., & Adachi, Y. (2006). Kinetics of polyelectrolyte adsorption onto polystyrene latex particle studied using electrophoresis: Effects of molecular weight and ionic strength. *Journal of Colloid and Interface Science* 300, 69-77.
 30. Degremont. (1992). *Water Treatment Handbook*. Francia.
 31. De Vargas, L. (s.f.). *Floculación*. Recuperado el 01 de mayo de 2017, de <http://www.ingenieroambiental.com/4014/seis.pdf>
 32. Bueno, J. L. (1997.). *Contaminación e Ingeniería- Contaminación de las aguas*. FICYT, 432-450.
 33. Ramírez, C. (1992). *Tratamiento de aguas residuales Industriales*. UNUM.
 34. Alcarraz C, M., Gamarra B, G., Castro L, A., & Godoy A, J. (2010). Eficacia de Coagulantes en el Tratamiento Primario de efluentes de Procesadora de Frutas. *Ciencia e Investigación*, 60-66.
 35. Díaz Claros, J. (11 de diciembre de 2014). *Coagulantes-floculantes Orgánicos e Inorgánicos elaborados de Plantas y del Reciclaje de Chatarra, para el tratamientos de Aguas Contaminadas*. San Pedro Sula Cortés
 36. DYSICHEM, E. (2016). Perú.
 37. ALFA S.A.C, I. (2016). Perú.

38. Wikipedia, (2017). [Estructura química del floculante inorgánico Chemlok 2040®]. N, N'-Methylenebisacrylamide. Fecha de consulta: 19 de abril del 2017.URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/N,N%27-Methylenebisacrylamide>
39. RESINEX (2017) [Estructura química del floculante-coagulante inorgánico Ferrocryl].Fecha de consulta: 19 de abril del 2017.URL: <http://www.resinex.es/tipos-de-polimeros/pa.html>
40. Yixing Bluwat Chemicals Co., Ltd. (2007). Recuperado el 15 de abril de 2017, de http://es.made-in-china.com/co_bluwat01/product_Water-Treatment-Polyamine-Flocculant-From-Poly-Epi-Amine_eiuyrgg
41. Gurdían Lopez, R., & Coto Campos, M. (Abril-Junio de 2011). Estudio preliminar del uso de la semilla de tamarindo (*Tamarindus indica*) en la coagulación -floculación de aguas residuales. *Tecnología en Marcha*, 24(2), 18-26.
42. Villegas Pita, S. (2012). Optimización de la fase de Jabonado en la Tintura de algodón 100% con colorantes reactivos mediante la evaluación y selección de una fórmula técnicamente desarrollada.
43. Molina Rodríguez, F. (febrero de 2011). SlideShare. Recuperado el 01 de mayo de 2017, de <https://es.slideshare.net/Nicolas1964/teido-de-algodn-con-colorantes-reactivos>
44. Sedlak, D. (s.f.). AG afirm group, . Recuperado el 15 de abril de 2017, de <http://www.afirm-group.com/wp-content/uploads/2013/07/Apendice-F-Manual-de-Guia-Quimica.pdf>
45. Optimización de los niveles de contaminación del agua procedente de los procesos textiles. (2016). Recuperado el 28 de octubre de 2016
46. Goyenola, G. (Junio de 2007). Guía para la utilización de las Valijas Viajeras . Recuperado el 3 de noviembre de 2016, de Conductividad: http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/propuestas/red/curso_2007/cartillas/tematicas/Conductividad.pdf
47. Albin, R. (1975). Determinacion de pH en distintas especies de los renovales de la provincia de Valdivia. *Bosque*, 1(1), 3.

48. Guy, S. (2017). CEO de SMART. Recuperado el 27 de abril de 2017, de Smart Fertilizer Management: <http://www.smart-fertilizer.com/es/articles/pH-alkalinity>
49. Guy, S. (2017). CEO de SMART. Recuperado el 27 de abril de 2017, de Smart Fertilizer Management: <http://www.smart-fertilizer.com/es/articles/pH-alkalinity>
50. Fajardo, D. (Septiembre de 2005). Plan de monitoreo para la planta de tratamiento de aguas. San Salvador, San Salvador.
51. Gonzáles Toro, C. (octubre de 2011). Servicio de extensión agrícola. Recuperado el 2 de noviembre de 2016, de <http://academic.uprm.edu/gonzalezc/HTMLobj-859/maguaturbidez.pdf>
52. Perez, Lopez, J., & Mariscal Larrubia, A. (1999). Coagulación y floculación. Estudio sanitario del agua, 205-224.
53. Lenntech, B. V. (2009). FAQ de la evaluación de la calidad del agua. Agua residual & purificación del aire Holding B. V. <http://www.lenntech.es/la-evaluacion-de-la-calidad-aguafaq-calidad-agua>. Consultado el 23 de agosto de 2010.
54. Moreira, J. M., Carpintero, I. R., Crespo, R., Montoya, I., Pino, I., & Rodríguez, A. (2009). Generación de indicadores para el seguimiento de la calidad de las aguas litorales. Evolución de la turbidez en la desembocadura del río Guadalquivir. Memorias del XIII Congreso de la Asociación Española de Teledetección. Calatayud. 23-26 de septiembre de 2009, pp197- 200.

ANEXOS

FIGURAS



Figura 70.-Toma de muestra de las pencas de Opuntia ficus (tuna/nopal)

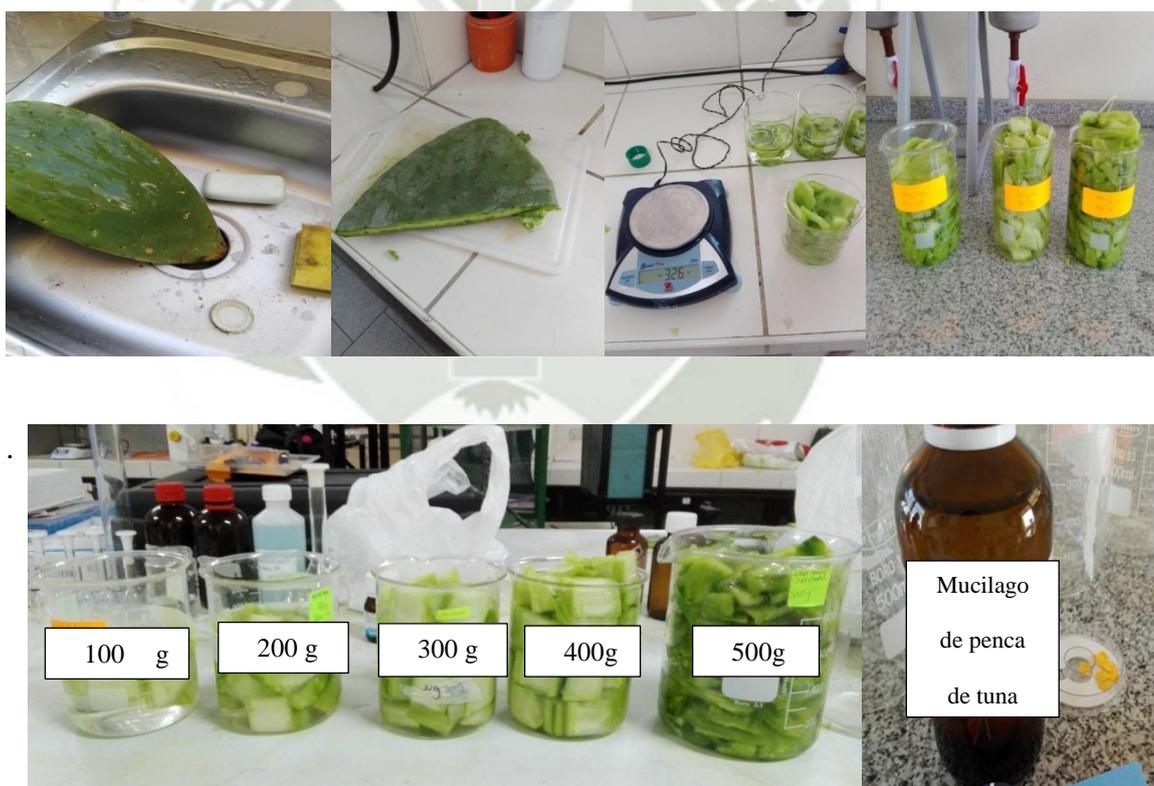


Figura 73. Limpieza, pesada, extracción y almacenamiento del mucilago penca de tuna



Figura 71.-Toma de muestra de las hojas de sábila



Figura 72.-Limpieza, pesada, extracción y almacenamiento del mucilago de la hoja de la Sábila



Figura 73.-Toma de muestra aguas residuales Franky y Ricky S.A.



Figura 74.-Medición de los parámetros físicoquímicos: conductividad, turbidez, solidos disueltos, solidos suspendidos, solidos totales y pH a las muestras de agua sin tratar



Figura 75.-Tratamiento con Ferrocryl ® y Chemlok 2040® a las 3 muestras de agua residual textil empleando el equipo de prueba de jarras



Figura 76 Medición de los parámetros de las muestras tratadas con Ferrocryl ® y Chemlok2040®



Figura 77.-Tratamiento con mucilago de penca de tuna y sabila a las 3 muestras de agua residual textil empleando el equipo de prueba de jarras

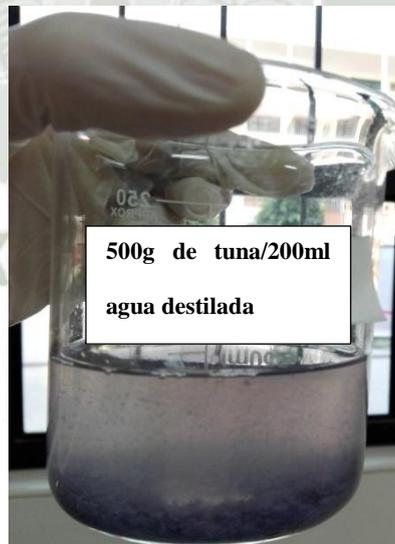


Figura 78. Muestra n°2 tratada con 10 ml de de mucilago de penca de tuna a una concentracion de 500g / 200 ml



Figura 79.-Medición de sólidos, pH conductividad, turbidez a las muestras tratadas con mucilago de tuna y sábila

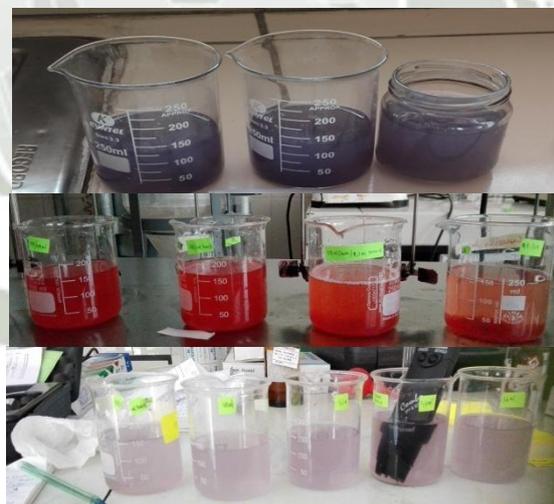


Figura 80.-Muestras tratadas con mucilagos de tuna y sábila

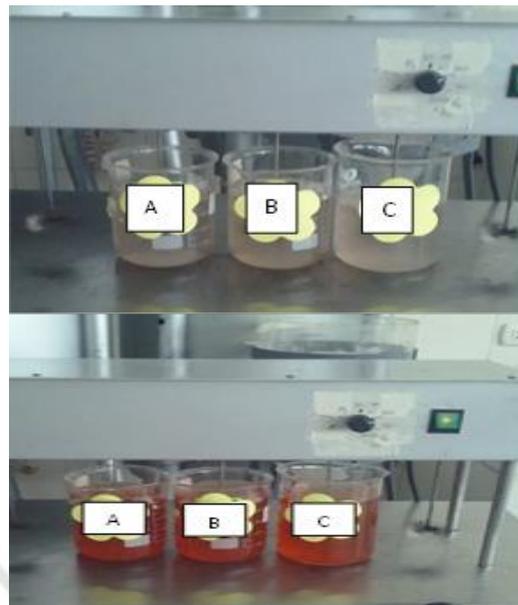


Figura 81.-Muestras tratadas con la mezcla de los mucilagos de Opuntia ficus(tuna/nopal) y Aloe vera (Sábila).A) Tratamiento con 70% de sábila/30% de tuna, no se observa ningún tipo de cambio en la muestra N° 3. B) 30% de sábila/70% tuna muestra N° 3 C) 50% sábila/50% tuna muestra N° 3



Figura 82.-Muestra N °2 tratada con 30% demucilago de sabila y 70% de mucilago de tuna

I.1 TABLAS INFORMATIVAS-MEDICIONES

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Dosis (ml)	4	1031.60	257.900	773.70	0.000
Error	10	3.33	0.333		
Total	14	1034.93			

Tabla 7 Análisis de varianza (ANOVA) muestra N° 1 tratamiento con 2mL, 4 mL, 6 mL, 8 mL, 10 mL, de mucílago de tuna

Como el valor p es menor a 0.05 (valor $p < 0.05$), entonces si existe diferencia estadística al nivel de confianza de 95%.

(mL)	N	Media	Agrupación
10	3	68.667	A
8	3	66.333	B
6	3	59.667	C
4	3	52.333	D
2	3	46.667	E

Tabla 8 Comparaciones en parejas de Tukey muestra n° 1 tratamiento con 2mL, 4 mL, 6 mL, 8 mL, 10 mL, de mucílago de tuna

La prueba de Tuckey, muestra que para la dosis de 2 mL a una concentración de 500g/200 mL la turbidez mínima es de 46.667NTU

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Dosis (mL)	4	3245.83	811.457	16007.17	0.000
Error	10	0.51	0.051		
Total	14	3246.33			

Tabla 9 Análisis de varianza (ANOVA) muestra n° 1 tratamiento con 2mL, 4 mL, 6 mL, 8 mL, 10 mL, de mucílago de sábila

Como el valor p es menor a 0.05 (valor $p < 0.05$), entonces si existe diferencia estadística al nivel de confianza de 95%.

(mL)	N	Media	Agrupación
4	3	70.00	A
2	3	70.00	A
6	3	41.467	B
8	3	39.8000	C
10	3	38.8033	D

Tabla 10 Comparaciones en parejas de Tukey muestra n° 1 tratamiento con 2mL, 4 mL, 6 mL, 8 mL, 10 mL, de mucílago de sábila

La prueba de Tuckey, muestra que para la dosis de 10 mL a una concentración de 500g/200 mL la turbidez mínima es de 38.8 NTU

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Dosis (mL)	4	1491.33	372.833	1398.13	0.000
Error	10	2.67	0.267		
Total	14	1494.00			

Tabla 11 Análisis de varianza (ANOVA) muestra n° 2 tratamientos con 2 mL, 4 mL, 6 mL, 8 mL, 10 mL, de mucílago de tuna

Como el valor p es menor a 0.05 (valor $p < 0.05$), entonces si existe diferencia estadística al nivel de confianza de 95%.

(mL)	N	Media	Agrupación
2	3	82.667	A
4	3	81.333	A
6	3	75.667	B
8	3	61.333	C
10	3	59.00	D

Tabla 12 Comparaciones en parejas de Tukey muestra n°2 tratamientos con 2 mL, 4 mL, 6 mL, 8 mL, 10 mL, de mucílago de tuna

La prueba de Tuckey, muestra que para la dosis de 10 mL a una concentración de 500g/200 mL presenta una turbidez mínima es de 59.00 NTU

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Dosis (mL)	4	212.667	53.1667	199.38	0.000
Error	10	2.667	0.2667		
Total	14	215.333			

Tabla 13 Análisis de varianza (ANOVA) muestra n° 2 tratamientos con 2 mL, 4 mL, 6 mL, 8 mL, 10 mL, de mucílago de sábila

Como el valor p es menor a 0.05 (valor $p < 0.05$), entonces si existe diferencia estadística al nivel de confianza de 95%.

(mL)	N	Media	Agrupación
10	3	101.333	A
8	3	99.667	B
6	3	96.333	C
4	3	92.333	D
2	3	92.00	D

Tabla 14 Comparaciones en parejas de Tukey muestra n°2 tratamientos con 2 mL, 4 mL, 6 mL, 8 mL, 10 mL, de mucílago de sábila

La prueba de Tuckey, muestra que para la dosis de 2 mL a una concentración de 500g/200 mL la turbidez mínima es de 92 NTU

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Dosis (mL)	4	5785.73	1446.43	1141.92	0.000
Error	10	12.67	1.27		
Total	14	5798.40			

Tabla 15 Análisis de varianza (ANOVA) muestra n° 3 tratamientos con 2 mL, 4 mL, 6 mL, 8 mL, 10 mL, de mucílago de tuna

Como el valor p es menor a 0.05 (valor $p < 0.05$), entonces si existe diferencia estadística al nivel de confianza de 95%.

(mL)	N	Media	Agrupación
10	3	139.667	A
8	3	101.000	B
6	3	96.333	C
4	3	90.667	D
2	3	83.333	E

Tabla 16 Comparaciones en parejas de Tukey muestra n°3 tratamientos con 2 mL, 4 mL, 6 mL, 8 mL, 10 mL, de mucílago de tuna

La prueba de Tuckey, muestra que para la dosis de 2 mL a una concentración de 500g/200 mL la turbidez mínima es de 83 NTU

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Dosis (mL)	4	0.4000	0.1000	0.75	0.580
Error	10	1.3333	0.1333		
Total	14	1.7333			

Tabla 17 Análisis de varianza (ANOVA) muestra n° 3 tratamientos con 2 mL, 4 mL, 6 mL, 8 mL, 10 mL, con mucílago de sábila

Como el valor p es mayor a 0.05 (valor $p < 0.05$), entonces no existe diferencia estadística al nivel de confianza de 95%.

Dosis (ml)	N	Media	Agrupación
4	3	70.333	A
2	3	70.333	A
10	3	70.00	A
8	3	70.00	A
6	3	70.00	A

Tabla 18 Comparaciones en parejas de Tukey muestra n°3 tratamientos con 2 mL, 4 mL, 6 mL, 8 mL, 10 mL, de mucílago de Sábila

No hay diferencia alguna entre las dosis realizadas en la dosis, ya que son agrupadas en el mismo conjunto

Tratamiento con mucilago penca de tuna	volumen tratado de muestra= 150 mL		turbidez inicial=68 NTU	
concentración=(100g/200ml)				
DOSIS(ml)	TURBIDEZ (NTU)	PH	CONDUCTIVIDAD(m s/cm)	TDS (ppm)
0.8	63	6.87	7.3	1980
1	63	6.98	7.3	1980
1.2	64	6.8	7.45	1860
1.4	65	6.79	7	1760
1.6	69	6.65	6.86	1980
concentración=(200g/200ml)				
DOSIS(ml)	TURBIDEZ (NTU)	PH	CONDUCTIVIDAD(m s/cm)	TDS (ppm)
0.8	60	6.87	7.33	1960
1	63	6.97	7.38	1890
1.2	61	6.85	7.44	1850
1.4	62	6.8	7.5	1760
1.6	60	6.7	6.85	1970
concentración=(300g/200ml)				
DOSIS(ml)	TURBIDEZ (NTU)	PH	CONDUCTIVIDAD(m s/cm)	TDS (ppm)
0.8	63	6.9	7.31	1950
1	62	6.99	7.37	1880
1.2	62	7.1	7.45	1830
1.4	62	7.22	7	1730
1.6	61	7.56	6.8	1990
concentración=(400g/200ml)				
DOSIS(ml)	TURBIDEZ (NTU)	PH	CONDUCTIVIDAD(m s/cm)	TDS (ppm)
0.8	62	6.97	7.29	1950
1	62	6.98	7.3	1860
1.2	62	6.89	7.45	1850
1.4	62	7.25	6.98	1710
1.6	62	7.26	7	1980
concentración=(500g/200ml)				
DOSIS(ml)	TURBIDEZ (NTU)	PH	CONDUCTIVIDAD(m s/cm)	TDS (ppm)
0.8	62	6.77	7.28	1940
1	62	6.98	7.28	1820
1.2	62	6.85	7.27	1820
1.4	62	6.7	6.96	1690
1.6	62	6.6	7.5	2000

Tabla 19.- Resultados de las mediciones de los parámetros a la muestra n° 1 tratadas con 0.8mL, 1.0 mL, 1.2 mL, 1.4 mL, y 1.6 mL a diferentes concentraciones de mucilago de penca de tuna

Tratamiento con mucílago hoja de sábila	volumen de muestra tratado =150mL		turbidez inicial=68 NTU	
concentración=(100g/200 ml)				
DOSIS(ml)	TURBIDEZ(NTU)	PH	CONDUCTIVIDAD(ms/cm)	TDS (ppm)
0.8	47.34	7.73	6.15	3080
1	45.89	7.75	6.13	3070
1.2	44.62	7.72	6.14	3070
1.4	44.5	7.84	6.14	3060
1.6	44.97	7.76	6.11	3050
concentración=(200g/200 ml)				
DOSIS(ml)	TURBIDEZ(NTU)	PH	CONDUCTIVIDAD(ms/cm)	TDS (ppm)
0.8	44.29	6.13	7.34	3060
1	43.24	6.1	7.33	3050
1.2	43.11	7.3	6.1	3050
1.4	44.76	7.28	6.1	3050
1.6	45.21	7.39	6.07	3040
concentración=(300g/200 ml)				
DOSIS(ml)	TURBIDEZ(NTU)	PH	CONDUCTIVIDAD(ms/cm)	TDS (ppm)
0.8	42.1	7.64	6.31	3150
1	62	7.73	6.24	3120
1.2	52	7.7	6.21	3110
1.4	51	7.64	6.14	3070
1.6	42.19	7.49	6.21	3110
concentración=(400g/200 ml)				
DOSIS(ml)	TURBIDEZ(NTU)	PH	CONDUCTIVIDAD(ms/cm)	TDS (ppm)
0.8	58	7.95	6.08	3040
1	47.12	7.95	6.17	3090
1.2	74	7.91	6.14	3070
1.4	62	7.98	6.12	3060
1.6	51	7.77	6.1	3050
concentración=(500g/200 ml)				
DOSIS(ml)	TURBIDEZ(NTU)	PH	CONDUCTIVIDAD(ms/cm)	TDS (ppm)
0.8	45.3	7.25	6.12	3070
1	46	7.18	6.14	3070
1.2	47.97	7.19	6.11	3060
1.4	50	7.14	6.11	3080
1.6	47.36	7.14	6.11	3050

Tabla 20.-Resultados de las mediciones de los parámetros a la muestra n° 1 tratadas con 0.8mL, 1.0 mL, 1.2 mL, 1.4 mL, y 1.6 mL a diferentes concentraciones de mucilago de hoja de sábila

TUNA-muestra 1		turbidez inicial = 68 NTU			
CONCENTRACION OPTIMA:	500 g tuna/200ml de agua destilada				
DOSIS(ml)	CONDUCTIVIDAD(mS/cm)	TDS (ppm)	pH	Turbidez final (NTU)	
2	6.17	3090	7.34	46	
4	6.15	3060	7.37	52	
6	6.1	3050	7.25	59	
8	6.03	3030	7.37	66	
10	5.99	2909	7.3	69	

Tabla 21.-Resultados de las mediciones de los parámetros a la muestra n° 1 tratadas con 2mL, 4mL, 6mL, 8mL y 10mL mucilago de penca de tuna

SABILA-muestra 1		turbidez inicial: 68 NTU			
CONCENTRACION OPTIMA:	500 g sábila/200ml de agua destilada				
DOSIS(ml)	CONDUCTIVIDAD(mS/cm)	TDS (ppm)	pH	Turbidez(NTU)	
2	6.26	2960	7.44	70	
4	6.07	3040	7.9	70	
6	6.05	3040	7.78	41.4	
8	6.03	3010	7.71	39.79	
10	5.83	2960	7.71	38.81	

Tabla 22.-Resultados de las mediciones de los parámetros a la muestra n° 1 tratadas con 2mL, 4mL, 6mL, 8mL y 10mL mucilago de hoja de sábila

Tratamiento con mucílago de penca de tuna		volumen tratado = 150 mL		turbidez inicial=76 NTU	
concentración=(100g/200ml)					
DOSIS(ml)	TURBIDEZ(NTU)	pH	CONDUCTIVIDAD(ms/cm)	TDS (ppm)	
0.8 ml de mucilago/tuna	60	6.78	7.31	3560	
1 ml de mucilago/tuna	63	6.88	7.34	3560	
1.2 ml de mucilago/tuna	66	6.89	7.34	3550	
1.4ml de mucilago/tuna	67	6.79	7.5	3550	
1.6 ml de mucilago/tuna	69	6.75	7.2	3510	
concentración=(200g/200ml)					
DOSIS(ml)	TURBIDEZ(NTU)	pH	CONDUCTIVIDAD(ms/cm)	TDS (ppm)	
0.8 ml de mucilago/tuna	58	6.79	7.26	3440	
1 ml de mucilago/tuna	58	6.8	7.24	3440	
1.2 ml de mucilago/tuna	56	6.82	7.24	3430	
1.4ml de mucilago/tuna	55	6.69	7.23	3430	
1.6 ml de mucilago/tuna	53	6.7	7.1	3420	
concentración=(300g/200ml)					
DOSIS(ml)	TURBIDEZ(NTU)	pH	CONDUCTIVIDAD(ms/cm)	TDS (ppm)	
0.8 ml de mucilago/tuna	55	6.85	7.32	3340	
1 ml de mucilago/tuna	55	6.84	7.33	3340	
1.2 ml de mucilago/tuna	54	6.8	7.26	3330	
1.4ml de mucilago/tuna	54	6.83	7.21	3330	
1.6 ml de mucilago/tuna	54	7.8	6.15	3330	
concentración=(400g/200ml)					
DOSIS(ml)	TURBIDEZ(NTU)	pH	CONDUCTIVIDAD(ms/cm)	TDS (ppm)	
0.8 ml de mucilago/tuna	52	6.87	7.29	3340	
1 ml de mucilago/tuna	52	6.88	7.27	3310	
1.2 ml de mucilago/tuna	52	6.79	7.27	3310	
1.4ml de mucilago/tuna	52	7.75	7.23	3300	
1.6 ml de mucilago/tuna	51	7.66	7.22	3300	
concentración=(500g/200ml)					
DOSIS(ml)	TURBIDEZ(NTU)	pH	CONDUCTIVIDAD(ms/cm)	TDS (ppm)	
0.8 ml de mucilago/tuna	52	7.77	7.28	3440	
1 ml de mucilago/tuna	52	7.78	7.29	3420	
1.2 ml de mucilago/tuna	52	7.85	7.26	3410	
1.4ml de mucilago/tuna	49	7.7	6.96	3390	
1.6 ml de mucilago/tuna	49	7.6	7.45	3390	

Tabla 23.-Resultados de las mediciones de los parámetros a la muestra n° 2 tratadas con 0.8mL, 1.0 mL, 1.2 mL, 1.4 mL, y 1.6 mL a diferentes concentraciones de mucilago de penca de tuna

Tratamiento con penca de sábila	volumen tratado =		turbidez inicial=68 NTU	
concentración=(100g/200 ml)	150mL			
DOSIS(ml)	TURBIDEZ(NTU)	PH	CONDUCTIVIDAD(ms/cm)	TDS (ppm)
0.8	90	6.73	7.15	4180
1	90	6.75	7.13	4170
1.2	89	6.72	7.13	4150
1.4	89	6.84	7.13	4150
1.6	88	6.76	7.11	4150
concentración=(200g/200 ml)				
DOSIS(ml)	TURBIDEZ(NTU)	PH	CONDUCTIVIDAD(ms/cm)	TDS (ppm)
0.8	89	6.23	7.34	4160
1	89	6.21	7.33	4160
1.2	89	7.33	6.91	4160
1.4	89	7.38	6.91	4250
1.6	89	7.39	6.87	4250
concentración=(300g/200 ml)				
DOSIS(ml)	TURBIDEZ(NTU)	PH	CONDUCTIVIDAD(ms/cm)	TDS (ppm)
0.8	90	7.44	6.81	4250
1	92	7.43	6.81	4250
1.2	92	7.47	6.76	4330
1.4	92	7.84	6.75	4330
1.6	91	7.89	6.76	4330
concentración=(400g/200 ml)				
DOSIS(ml)	TURBIDEZ(NTU)	PH	CONDUCTIVIDAD(ms/cm)	TDS (ppm)
0.8	91	7.45	6.08	4240
1	91	7.55	6.07	4140
1.2	91	7.61	6.04	4140
1.4	93	7.68	6.02	4140
1.6	93	7.77	6.02	4140
concentración=(500g/200 ml)				
DOSIS(ml)	TURBIDEZ(NTU)	PH	CONDUCTIVIDAD(ms/cm)	SOLIDOS TOTALES (ppt)
0.8	92	7.56	6.02	4170
1	92	7.58	6.02	4170
1.2	92	7.59	6.01	4230
1.4	92	7.64	6	4280
1.6	92	7.64	6	4350

Tabla 24.-Resultados de las mediciones de los parámetros a la muestra n° 2 tratadas con 0.8mL, 1.0 mL, 1.2 mL, 1.4 mL, y 1.6 mL a diferentes concentraciones de mucilago de hoja de sábila

TUNA-Muestra n°2					
CONCENTRACION OPTIMA:	500 g tuna/200ml de agua destilada				
DOSIS(ml)	CONDUCTIVIDAD(mS/cm)	TDS(p pm)	pH	Turbidez(NTU)	
2	7.54	3350	7.38	83	
4	7.54	3290	7.36	81	
6	7.5	3210	7.29	76	
8	7.35	3140	7.21	61	
10	7.29	2060	7.18	59	

Tabla 25 Resultados de las mediciones de los parámetros a la muestra n° 2 tratadas con 2mL, 4mL, 6mL, 8mL y 10mL mucílago de penca de tuna

SABILA- Muestra m°2					
CONCENTRACION OPTIMA:	500 g sábila/200ml de agua destilada				
DOSIS(ml)	CONDUCTIVIDAD(mS/c m)	TDS(ppm)	pH	Turbidez(NTU)	
2	5.89	4360	7.66	92	
4	5.78	4440	7.67	92	
6	5.63	4480	7.77	96	
8	5.6	4510	7.85	100	
10	5.35	4700	7.86	101	

Tabla 26. Resultados de las mediciones de los parámetros a la muestra n° 2 tratadas con 2mL, 4mL, 6mL, 8mL y 10mL mucílago de hoja de sábila

Tratamiento con penca de tuna	volumen tratado =150 ml		turbidez inicial=61 NTU	
concentración=(100g/200ml)				
DOSIS(ml)	TURBIDEZ (NTU)	PH	CONDUCTIVIDAD(ms/cm)	TDS (ppm)
0.8	73	6.71	3.68	1840
1	73	6.71	3.68	1830
1.2	73	6.7	3.69	1840
1.4	73	6.69	3.67	1840
1.6	73	6.71	3.68	1840
concentración=(200g/200ml)				
DOSIS(ml)	TURBIDEZ (NTU)	PH	CONDUCTIVIDAD(ms/cm)	TDS (ppm)
0.8	73	6.76	3.69	1850
1	73	6.8	3.68	1840
1.2	74	6.73	3.7	1850
1.4	73	6.77	3.69	1840
1.6	71	6.77	3.6	1800
concentración=(300g/200ml)				
DOSIS(ml)	TURBIDEZ (NTU)	PH	CONDUCTIVIDAD(ms/cm)	TDS (ppm)
0.8	73	6.66	3.69	1840
1	68	6.68	3.69	1850
1.2	73	6.67	3.69	1850
1.4	74	6.65	3.72	1860
1.6	74	6.66	3.7	1860
concentración=(400g/200ml)				
DOSIS(ml)	TURBIDEZ (NTU)	PH	CONDUCTIVIDAD(ms/cm)	TDS (ppm)
0.8	73	7.03	3.73	1870
1	73	7.03	3.73	1870
1.2	74	7.03	3.73	1870
1.4	73	7.15	3.73	1870
1.6	67	7.45	3.73	1870
concentración=(500g/200ml)				
DOSIS(ml)	TURBIDEZ (NTU)	PH	CONDUCTIVIDAD(ms/cm)	TDS (ppm)
0.8	65	6.09	3.73	1860
1	66	7.09	3.71	1860
1.2	67	6.86	3.72	1860
1.4	67	6.85	3.72	1860
1.6	75	6.8	3.72	1860

Tabla 27 Resultados de las mediciones de los parámetros a la muestra n° 3 tratadas con 0.8mL, 1.0 mL, 1.2 mL, 1.4 mL, y 1.6 mL a diferentes concentraciones de mucilago de penca de tuna.

Tratamiento con penca de sábila	volumen tratado =150 mL		turbidez inicial=68 NTU	
concentración=(100g/200ml)				
DOSIS(ml)	TURBIDEZ(NTU)	PH	CONDUCTIVIDAD(ms/cm)	TDS (ppm)
0.8	82	6.95	3.72	1860
1	78	6.86	3.71	1860
1.2	78	6.81	3.71	1850
1.4	78	6.81	3.69	1850
1.6	78	6.81	3.67	1830
concentración=(200g/200ml)				
DOSIS(ml)	TURBIDEZ(NTU)	PH	CONDUCTIVIDAD(ms/cm)	TDS (ppm)
0.8	76	6.85	3.67	1840
1	76	6.86	3.63	1820
1.2	70	6.82	3.46	1730
1.4	77	6.86	3.66	1830
1.6	76	6.84	3.67	1840
concentración=(300g/200ml)				
DOSIS(ml)	TURBIDEZ(NTU)	PH	CONDUCTIVIDAD(m s/cm)	TDS (ppm)
0.8	77	7.05	3.7	1850
1	77	7.64	3.69	1850
1.2	77	7.17	3.7	1850
1.4	77	7.17	3.7	1850
1.6	77	7.02	3.7	1850
concentración=(400g/200ml)				
DOSIS(ml)	TURBIDEZ(NTU)	PH	CONDUCTIVIDAD(m s/cm)	TDS (ppm)
0.8	85	7.01	3.72	1860
1	78	7	3.71	1860
1.2	77	6.98	3.7	1850
1.4	75	6.98	3.65	1850
1.6	70	6.97	3.6	1850
concentración=(500g/200ml)				
DOSIS(ml)	TURBIDEZ(NTU)	PH	CONDUCTIVIDAD(m s/cm)	TDS (ppm)
0.8	81	6.78	3.69	1840
1	81	6.78	3.67	1840
1.2	81	6.77	3.67	1840
1.4	84	7.79	3.68	1840
1.6	82	7.79	3.7	1840

Tabla 28 Resultados de las mediciones de los parámetros a la muestra n° 3 tratadas con 0.8mL, 1.0 mL, 1.2 mL, 1.4 mL, y 1.6 mL a diferentes concentraciones de mucilago de hoja de sábila

TUNA-muestra n°3					
CONCENTRACION OPTIMA:	500 g tuna/200ml de agua destilada				
DOSIS(ml)	CONDUCTIVIDAD(mS/cm)	TDS(ppm)	pH	Turbidez(NTU)	
2	3.89	1930	7.3	83	
4	3.74	1880	7	91	
6	3.91	1960	7.5	96	
8	3.32	1670	6.6	101	
10	3.87	1930	7	140	

Tabla 29 Resultados de las mediciones de los parámetros a la muestra n° 3 tratadas con 2mL, 4mL, 6mL, 8mL y 10mL mucílago de penca de tuna

TUNA-muestra n°3					
CONCENTRACION OPTIMA:	500 g sábila/200ml de agua destilada				
DOSIS(ml)	CONDUCTIVIDAD(mS/cm)	TDS(ppm)	pH	Turbidez(NTU)	
2	3.89	1930	7.3	70	
4	3.74	1880	7	70	
6	3.91	1960	7.5	70	
8	3.32	1670	6.6	70	
10	3.87	1930	7	70	

Tabla 30 Resultados de las mediciones de los parámetros a la muestra n° 3 tratadas con 2mL, 4mL, 6mL, 8mL y 10mL mucílago de hoja de sábila

Dosis=10 ml mucílago sábila/tuna		
	PARÁMETROS	30% sábila/70% tuna
GAMA AZUL	pH/ muestra tratada	7.25
	Conductividad(mS/cm)	6.58
	Sólidos Totales(ppm)	3000
	Sólidos Disueltos (ppm)	2311
	Sólidos Suspendidos(ppm)	700
	Turbidez(NTU)	60

Tabla 31 Resultados de las mediciones de los parámetros muestra n°2 tratada con 30% mucilago de hoja de sábila y 70% de mucilago de hoja de sábila

Formulas

Solidos totales

$$ST = \frac{(A - B)1000}{V}$$

Dónde:

ST: solidos totales en mg/L o ppm

A: Peso final de la capsula con el residuo seco en g

B: Peso inicial de la capsula tarada en g

V: Volumen de muestra desecada, en litros

Solidos suspendidos

$$SS = (C - D) 1000 / V$$

Dónde:

SS: solidos suspendidos en mg/L o ppm

C: peso de la capsula más el papel filtro con el residuo 105 °C (mg)

D: peso de la capsula más el papel filtro secado a 105 °C (mg)

V: Volumen de muestra desecada, en litros

Solidos disueltos

$$SD = (E - F) 1000 / V$$

Dónde:

SD: solidos suspendidos en mg/L o ppm

E: peso residuo seco del filtrado más capsula 105°C (mg)

F: peso de la capsula 105°C (mg)

V: Volumen de muestra desecada, en litros