



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**“REDUCCIÓN DE CIANURO DEL AGUA INDUSTRIAL
CONTAMINADA MEDIANTE BIOPELÍCULA MICROBIANA,
CHALA - AREQUIPA 2018”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA
AMBIENTAL**

AUTORA

Sadit Mayorca Clemente

ASESOR

Dr. Elmer Gonzales Benites Alfaro

LINEA DE INVESTIGACION

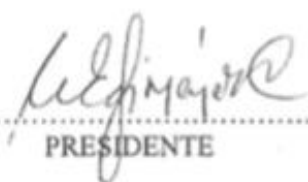
Calidad y gestión de los Recursos Naturales

LIMA-PERU

2018 - II

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don (a) Sadit Mayorca Clemente cuyo título es: "REDUCCIÓN DE CIANURO DEL AGUA INDUSTRIAL CONTAMINADA MEDIANTE BIOPELÍCULA MICROBIANA, CHALA - AREQUIPA 2018" Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de: 17 (número) Diecisiete (letras).

Los Olivos 10 de diciembre de 2018.



.....
PRESIDENTE

Dr. César Eduardo Jiménez Calderón



.....
SECRETARIO

Dr. Carlos Francisco Cabrera Carranza

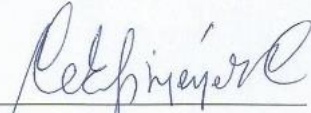


.....
VOCAL

Dr. Elmer Gonzales Benites Alfaro

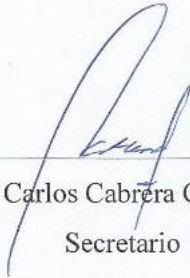


JURADO EVALUADOR



Dr. César Eduardo Jiménez Calderón

Presidente



Dr. Carlos Cabrera Carranza

Secretario



Dr. Elmer Benites Alfaro

Vocal

DEDICATORIO

Para quien tiene a Dios no existe la derrota, existe victoria. Para quien quiere no existen imposibles, existe poder.

A mi querida madre Herlinda y mis hermosas tías Blanquita y Rosita, por guiarme, cuidarme y protegerme y por ser mis motivos de superación personal y profesional.

A mis queridos hermanos Pretty, Edgar, Marianela y Yerson por el apoyo que me brindaron y motivarme a cada momento a no rendirme ante las adversidades.

AGRADECIMIENTO

Al Dr. Elmer Benites Alfaro por su apoyo y toda su paciencia e instrucción para culminar este trabajo de investigación.

Dr. Carlos Cabrera Carranza por haber decidido compartir sus conocimientos y para iniciar este trabajo de investigación.

Dr. Wilder Quijano Pacheco por el detalle y momento dedicados para aclarar cualquier tipo de dudas que me surgiera, y por la claridad y exactitud con la enseñado.

A todas aquellas personas que han formado parte de mi vida universitaria, por las recomendaciones, y compañía en los momentos difíciles y finalmente un eterno agradecimiento a esta prestigiosa universidad la cual abrió abre sus puertas a jóvenes como nosotros, preparándonos para un futuro competitivo y formándonos como personas de bien.

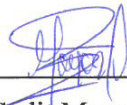
DECLARACION DE AUTENCIDAD

Yo, Sadi Mayorca Clemente estudiante Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Cesar Vallejo, identificada con DNI 41361224 con la tesis titulada “Reducción de cianuro del agua industrial contaminada mediante la biopelícula microbiana, Chala – Arequipa, 2018”, a consecuencia de formalizar las distribuciones actuales respetada del ordenamiento de grado y título.

Manifiesto bajo juramento que los datos obtenidos del trabajo de tesis son de total originales, legibles y realizado por mi persona, Asimismo, he considerado las reglas universales de las citas y referencias para aclaraciones. Por consiguiente, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.

De este modo acepto el compromiso que concierne ante cualquier falsedad, encubrir las documentaciones como informaciones contribuidas, asimismo me responsabilizo a lo acondicionado en las políticas académicas de la Universidad Cesar Vallejo.

Lima, 10 de diciembre del 2018.



Sadi Mayorca Clemente

D.N.I: 41361224

PRESENTACION

Apreciados jurados presento ante ustedes mi tesis de acuerdo a la instrucción de Grado y Título de la Universidad Cesar Vallejo de título “Reducción de cianuro del agua Contaminada industrial mediante la Biopelícula microbiana, Chala –Arequipa 2018” con el propósito de comprobar el efecto de la Biopelícula microbiana para reducir la sustancia química, de las misma cumplan con los requerimientos de aceptación para alcanzar el título Profesional de Ingeniería ambiental.

La Autora

Sadit Mayorca Clemente

DNI: 41361224

INDICE GENERAL

JURADO EVALUADOR	ii
DEDICATORIO	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DECLARACION DE AUTENCIDAD	v
PRESENTACION	vi
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA	2
1.2. TRABAJOS PREVIOS	3
1.3. TEORIA RELACIONADA AL TEMA	9
1.3.1. Conceptos y definiciones	9
1.3.2. Aspectos generales de la Biopelícula Microbiana	10
1.3.3. Estructura de la Biopelícula microbiana	11
1.3.4. Propiedades de la microbiana	11
1.3.5. Formación de la Biopelícula microbiana, fases de su desarrollo	14
1.3.6. Cinética de crecimiento de la Biofilm microbiano	18
1.3.7. Rol de la biopelícula microbiano en el tratamiento	21
1.3.8. Soporte del Biofilm microbiano	22
1.3.9. Aspectos generales sobre el agua residual industrial	23
1.3.10. Aspectos generales sobre el Cianuro	24
1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	28
1.4.1. Problema general	28
1.4.2. Problemas específicos	28
1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO	28
1.6. HIPÓTESIS	29
1.6.1. Hipótesis general	29
1.6.2. Hipótesis específicos	29
1.7. OBJETIVOS	29
1.7.1. Objetivo general	29
1.7.2. Objetivo especificas	30

II. METODO	31
2.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	31
2.2. VARIABLE, OPERACIONALIZACIÓN	33
2.2.1. Variable 1	33
2.2.2. Variable 2	33
2.2.3. Operacionalización de variables.....	34
2.3. POBLACIÓN Y MUESTRA	35
2.3.1. Población	35
2.3.2. Muestra	35
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	36
2.4.1. Validez y confiabilidad	37
2.5. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS	38
2.6. ASPECTOS ÉTICOS	38
2.7. Procedimiento de trabajo de investigación.....	39
2.7.1. Fases del Tratamiento	43
III. RESULTADOS	50
3.1. Aislamiento de microorganismos.....	50
3.2. Resultados de las condiciones de generación.....	50
3.3. Resultados de la determinación de la cuantificación inicial y final de la población microbiana de la biopelícula:	54
3.5. Resultados de la determinación de tiempo de tratamiento mediante la biopelícula microbiana	60
3.6. Resultado de la determinación del soporte de la biopelícula microbiano	69
IV. DISCUSION	94
V. CONCLUSIONES	96
VI. RECOMENDACIONES	97
VII. REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS	98
VIII. ANEXOS	110
Anexos A. Matriz de consistencia de operacionalización de variables	110
Anexo B. Carta de presentación - Validaciones de instrumentación.....	100
Anexo C. Instrumentos de recolección de datos	105
Anexo D. Panel fotográfico	107

Anexo E. Resultados del laboratorio	119
Anexo F. Acta de aprobación de originalidad del proyecto	125
Anexo G. TURNITIN	126
Anexo H. Autorización de la publicidad de tesis repositorio institucional.....	127
Anexo I. Autorización de la versión final del trabajo de investigación	128
Anexo J. Constancias de entrega de Tesis digital	129

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. 1. Primera fase: adhesión	14
Figura 1. 2. Representación esquemática del proceso de formación de biopelícula sobre una superficie.....	16
Figura 1. 3. Sistemas de canales porosos que permiten la dispersión e intercambio	17
Figura 1. 4. Técnica para el conteo de microbio de la biopelícula aerobias en placa.	20
Figura 2. 1. Distribución de la unidad experimental.	32
Figura 2. 2. Ubicación de la planta de refinación de oro Chala – Arequipa, 2018.....	35
Figura 2. 3. Ubicación del punto de monitoreo.	36
Figura 2. 4. Sistema de Muestreo de Agua in situ	39
Figura 2. 5. Materiales de muestra de agua y monitoreo ambiental.	40
Figura 2. 6. Dimensiones de los biorreactores.....	41
Figura 2. 7. Sistema Biorreactor	41
Figura 2. 8. Medios de soporte de material poliuretano y polipropileno.....	42
Figura 2. 9. Bomba SB-3448	43
Figura 2. 10. Técnica para la separación, y purificación de los microorganismos.	44
Figura 2. 11. Características de los microorganismos; <i>Pseudomonas aeruginosa</i> y <i>Escherichia coli</i>	45
Figura 2. 12. Técnica para la selección de las biopelículas viables para la biodegradación.	46
Figura 2. 13. Cuantificación por el método de espectrofotómetro de la Cinética de crecimiento de la biopelícula microbiana.	47
Figura 2. 14. Procedimiento de la cuantificación de la población de la biopelícula microbiana.	48
Figura 2. 15. Procedimiento de diluciones seriadas para determinar el método de conteo de la población de la biopelícula microbiana.	48
Figura 2. 16. Interpretación para el recuento de unidad formadora de colonias de la biopelícula microbiana.....	49
Figura 3. 3. Muestreo en campo y de laboratorio	107
Figura 3. 4. Muestreo para el aislamiento de los microorganismos	107

Figura 3. 5. Aislamiento de los microorganismos	108
Figura 3. 6. Resultado del aislamiento de microorganismos formadores de biopelícula ..	108
Figura 3. 7. Adaptación y purificación de los microorganismos formadores de biopelícula.	108
Figura 3. 8. Reactivos para la prueba bioquímica	109
Figura 3. 9. Proceso de la elaboración del método Tinción Gram	109
Figura 3. 10. Proceso de la elaboración del método Tinción Gram	110
Figura 3. 11. Caracterización de los microorganismos.....	110
Figura 3. 12. Proceso de siembra de las biopelículas calcificadas.....	111
Figura 3. 13. Procedimientos para realizar la inoculación.....	112
Figura 3. 14. Resultados de la inoculación	112
Figura 3. 15. Procediendo para medición de la cinética de crecimiento de la biopelícula .	113
Figura 3. 16. Procediendo para la cuantificación de la población de la biopelícula.....	113
Figura 3. 17. Fase de la preparación para la cuantificación de la población de la biopelícula	114
Figura 3. 18. Resultados de la fase de inocular.	114
Figura 3. 19. Fases de cuantificación inicial de la población de la biopelícula.....	115
Figura 3. 20. Fases de la cuantificación final de la población de biopelícula microbiana. ...	116
Figura 3. 21. Inicio del tratamiento.	117
Figura 3. 22. Tratamiento de los Biorreactores (P-2 y P-3) <i>Pseudomonas</i> y (P-2 y P-3) <i>Escherichia coli</i>	117
Figura 3. 23. Biorreactores (P-2 y P-3) <i>Pseudomonas</i> y (P-2 y P-3) <i>Escherichia coli</i>	118

LISTA DE GRÁFICOS

Grafico 3 1. Cinética de crecimiento de la biopelícula - <i>Pseudomonas eruginosa</i> (10^{-1})... 51	51
Grafico 3 2. Cinética de crecimiento de la biopelícula UFC mg/L de los 3 biorreactores. . 52	52
Grafico 3 3. Cinética de crecimiento de la biopelícula microbiano de los 3 biorreactores . 53	53
Grafico 3 4. Resultados de los análisis del pre-tratamiento..... 59	59
Grafico 3 5. Resultados pre y post de Cianuro. 60	60
Grafico 3 6. Resultados pre y post de pH 61	61
Grafico 3 7. Resultados pre y post temperatura. 61	61
Grafico 3 8. Resultados pre y post de Conductividad eléctrica. 62	62
Grafico 3 9. Resultados pre y post de BDO ₅ 62	62
Grafico 3 10. Resultados pre y post de Oxígeno disuelto..... 63	63
Grafico 3 11. Resultados pre y post de Turbidez..... 63	63
Grafico 3 12. Resultados pre y post de Solidos totales en suspensión. 64	64
Grafico 3 13. Resultados pre y post de Cianuro 65	65
Grafico 3 14. Resultados pre y post de pH 66	66
Grafico 3 15. Resultados pre y post de Temperatura..... 66	66
Grafico 3 16. Resultados pre y post de conductividad eléctrica 67	67
Grafico 3 17. Resultados pre y post de DBO ₅ 67	67
Grafico 3 18. Resultados pre y post de Oxígeno disuelto. 68	68
Grafico 3 19. Resultados pre y post de Turbidez..... 68	68
Grafico 3 20. Resultados pre y post de Solidos totales en suspensión 69	69
Grafico 3 21. Efectos de los tratamientos para el cianuro. 72	72
Grafico 3 22. Efecto de los días en el tratamiento del cianuro. 73	73
Grafico 3 23. Efecto del tratamiento para el parámetro de pH. 75	75
Grafico 3 24. Efecto de los días en el tratamiento del pH. 77	77
Grafico 3 25. Análisis de varianza..... 77	77
Grafico 3 26. Efectos de los tratamientos para conductividad eléctrica. 78	78
Grafico 3 27. Efectos de los tratamientos para conductividad eléctrica. 80	80
Grafico 3 28. Efectos de los tratamientos para el DBO ₅ 82	82
Grafico 3 29. Efectos de los tratamientos para el DBO ₅ 83	83
Grafico 3 30. Efectos de los tratamientos para oxígeno disuelto. 85	85
Grafico 3 31. Efectos de los tratamientos para oxígeno disuelto. 87	87
Grafico 3 32. Efectos de los tratamientos para turbidez. 88	88

Grafico 3 33. Efectos de los tratamientos para la turbidez	90
Grafico 3 34. Efectos de los tratamientos para los sólidos totales en suspensión	91
Grafico 3 35. Efectos de los tratamientos para solidos totales en suspensión.....	93

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. 1. Propiedades físico-químicas del cianuro	25
Tabla 2. 1. Matriz de toma de datos factorial.	33
Tabla 2. 2. Operacionalización de variable	34
Tabla 2. 3. Juicio de Experto	37
Tabla 2. 4. Punto de monitoreo.....	39
Tabla 2. 5. Características de las bombas de Aire	42
Tabla 3. 1. Relación de microorganismos identificados	50
Tabla 3. 2 Cinética de crecimiento (Pseudomonas eruginosa) (10^{-1}).....	51
Tabla 3. 3. Cinética de crecimiento de los biopelícula de los biorreactores T.1	52
Tabla 3. 4. Cinética de crecimiento de la biopelícula de los biorreactores T-2.....	53
Tabla 3. 5. Cuantificación inicial de la población de la biopelícula	54
Tabla 3. 6. Cuantificación inicial de la población de la biopelícula UFC/ml.....	55
Tabla 3. 7. Cuantificación final de población por el método de conteo de placas.	55
Tabla 3. 8. Cuantificación final de la población de la biopelícula UFC/ml	56
Tabla 3. 9. Cuantificación inicial de la población por el método de conteo de placa.	56
Tabla 3. 10. Cuantificación inicial de población de la biopelícula en UFC/ml.	57
Tabla 3. 11. Cuantificación de la biopelícula por el método de conteo de placas.	57
Tabla 3. 12. Cuantificación final de Población de la biopelícula del tratamiento	58
Tabla 3. 13. Resultados de los análisis del pre tratamiento	59
Tabla 3. 14. Resultados de los parámetros del primer tratamiento	60
Tabla 3. 15. Resultados de los análisis de los parámetros del segundo tratamiento.....	65
Tabla 3. 16. Análisis de varianza para el cianuro.	71
Tabla 3. 17. Coeficiente varianza	71
Tabla 3. 18. Reducción de cianuro por tratamiento	71
Tabla 3. 19. Reducción del cianuro según los días de tratamiento	73
Tabla 3. 20. Análisis de varianza del pH.	74

Tabla 3. 21. Coeficiencia de varianza del pH.	74
Tabla 3. 22. Agrupación tukey para tratamientos del pH.	75
Tabla 3. 23. Reducción del cianuro según los días de tratamiento	76
Tabla 3. 24. Análisis de varianza de conductividad eléctrica	77
Tabla 3. 25. Coeficiencia de varianza de conductividad eléctrica.....	78
Tabla 3. 26. Reducción de cianuro por tratamiento	78
Tabla 3. 27. Reducción del cianuro según los días de tratamiento	79
Tabla 3. 28. Análisis de varianza de DBO5.....	81
Tabla 3. 29. Coeficiente varianza DBO5.....	81
Tabla 3. 30. Reducción de DBO5. por tratamiento	81
Tabla 3. 31. Reducción del cianuro según los días de tratamiento	83
Tabla 3. 32. Análisis de varianza de oxígeno disuelto	84
Tabla 3. 33. Coeficiente varianza de oxígeno disuelto	84
Tabla 3. 34. Reducción de oxígeno disuelto por tratamiento	85
Tabla 3. 35. Reducción del cianuro según los días de tratamiento	86
Tabla 3. 36. Análisis de varianza	87
Tabla 3. 37. Coeficiente varianza	88
Tabla 3. 38. Reducción de cianuro por tratamiento	88
Tabla 3. 39. Agrupación tukey según los días de tratamientos	89
Tabla 3. 40. Análisis de varianza	90
Tabla 3. 41. Coeficiente varianza	91
Tabla 3. 42. Reducción de cianuro por tratamiento	91
Tabla 3. 43. Reducción del cianuro según los días de tratamiento	92

RESUMEN

El trabajo de investigación poseyó como objetivo la reducción de cianuro en agua industrial contaminada que discurre en una fuente superficial en el distrito de Chala-Arequipa, mediante la formación de una Biopelícula microbiana en soportes adecuados para su crecimiento. Los valores iniciales del cianuro en dos muestras de agua fueron de 738.7 y 1352 mg/L. En el tratamiento en un biorreactor con la biopelícula de *Pseudomona aeruginosa* en un soporte de poliuretano para el crecimiento de la biopelícula, luego de 5 días se obtuvo resultados favorables en 3 pruebas: la prueba 1, se redujo la concentración de cianuro hasta 38.98 mg/L, con un pH de 8.5, sólidos totales en suspensión a 6.3 mg/L, conductividad eléctrica a 8.43 mg/L y turbidez a 8.9. Se significa que la turbidez aumento en el tratamiento a 16.9 mg/L, debido al aumento de la población microbiana. Del mismo modo, se ensayó en una prueba 2, con un biorreactor con biopelícula de *Escherichia coli*, el resultado fue favorable disminuyendo el cianuro hasta 418 mg/L, a un pH de 8.9, sólidos totales en suspensión a 9.8 mg/L, oxígeno disuelto a 6.57 mg/L, conductividad eléctrica a 10.17 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y el incremento de la turbidez fue hasta 12.1 debido al aumento de la población microbiana. Se concluye que la Biopelícula con *Pseudomona aeruginosa* y *Escherichia coli* son eficientes para la reducción del cianuro en el agua.

Palabras clave: Biopelícula, recuperación, cianuro.

ABSTRACT

The objective of the research work was the reduction of cyanide in contaminated industrial water that runs in a superficial source in the district of Chala-Arequipa, through the formation of a microbial biofilm in suitable supports for its growth. The initial values of the cyanide in two water samples were 738.7 and 1352 mg / L. In the treatment in a bioreactor with the biofilm of *Pseudomonas aeruginosa* in a polyurethane support for the biofilm growth, after 5 days' favorable results were obtained in 3 tests: the tests 1, the concentration of cyanide was reduced to 38.98 mg / L, with a pH of 8.5, total solids in suspension at 6.3 mg / L, electrical conductivity at 8.43 mg / L and turbidity at 8.9. It is meant that the turbidity increased in the treatment to 16.9 mg / L, due to the increase of the microbial population. In the same way, it was tested in a test 2, with a bi-reactor with biofilm of *Escherichia coli*, the result was favorable decreasing the cyanide up to 418 mg / L, at a pH of 8.9, total solids in suspension at 9.8 mg / L, oxygen dissolved at 6.57 mg / L, electrical conductivity at 10.17 $\mu\text{S} / \text{cm}$ and the increase in turbidity was up to 12.1 due to the increase in the microbial population. It is concluded that the biofilm with *Pseudomonas aeruginosa* and *Escherichia coli* are efficient for the reduction of cyanide in water.

Keywords: Biofilm, recovery, cyanide

Anexo F. Acta de aprobación de originalidad del proyecto

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
--	---	---

Yo, Elmer Benites Alfaro, docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo Sede Lima Norte, revisor (a) de la tesis titulada: "REDUCCIÓN DE CIANURO DEL AGUA INDUSTRIAL CONTAMINADO MEDIANTE BIOPELÍCULA MICROBIANA, CHALA, AREQUIPA 2018" del (de la) estudiante **Mayorca Clemente, Sadit** constató que la investigación tiene un índice de similitud de **5%** verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Los Olivos, 10 de diciembre de 2018





Dr. Elmer Benites Alfaro

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

Fuente: Elaboración Propia, 2018.