

Escuela de Posgrado

MAESTRÍA EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL
Y DESARROLLO SOSTENIBLE

Tesis

**Efecto de los parámetros del proceso de
electrobiocoagulación en efluentes lácteos sobre
el porcentaje de remoción de turbidez y DQO**

Naysha Yamelit Meza Elguera

Para optar el Grado Académico de
Maestro en Ciencias con Mención en
Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible

Arequipa, 2023

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Mg. JAIME SOBRADOS TAPIA
Director Académico de la Escuela de Posgrado

DE : **M.Sc. Leslie Cristina Lescano Bocanegra**
Asesor del Trabajo de Investigación

ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de Trabajo de Investigación

FECHA : 19 de **ABRIL del 2023**

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para saludarlo y en vista de haber sido designado Asesor del Trabajo de Investigación titulado **EFFECTO DE LOS PARÁMETROS DEL PROCESO DE ELECTROBIOCOAGULACIÓN EN EFLUENTES LÁCTEOS SOBRE EL PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE TURBIDEZ Y DQO**, perteneciente a **Bach. NAYSHA YAMELIT MEZA ELGUERA**, de la **MAESTRIA EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE**; se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado **19 %** de similitud (informe adjunto) sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores (Nº de palabras excluidas: **10**) SI NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad.

Recae toda responsabilidad del contenido de la tesis sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios de legalidad, presunción de veracidad y simplicidad, expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales – RENATI y en la Directiva 003-2016-R/UC.

Esperando la atención a la presente, me despido sin otro particular y sea propicia la ocasión para renovar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,



Mg. **LESLIE CRISTINA LESCANO BOCANEGRA**
DNI. N° **01101040**

Arequipa
Av. Los Incas S/N,
José Luis Bustamante y Rivero
(054) 412 030

Calle Alfonso Ugarte 607, Yanahuara
(054) 412 030

Huancayo
Av. San Carlos 1980
(094) 423 426

Cusco
Urb. Manuel Prado - Lote B, N° 7 Av. Collasuyo
(084) 480 070

Sector Angostura KM. 10,
carretera San Jerónimo - Saylla
(084) 480 070

Lima
Av. Alfredo Mendiola 5210, Los Olivos
(01) 810 9700

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD

Yo, MEZA ELGUERA NAYSHA YAMELIT, identificada con Documento Nacional de Identidad N° 70102397, egresada de la MAESTRÍA EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE, de la Escuela de Posgrado de la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La Tesis titulada "EFECTO DE LOS PARÁMETROS DEL PROCESO DE ELECTROBIOCOAGULACIÓN EN EFLUENTES LÁCTEOS SOBRE EL PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE TURBIDEZ Y DQO", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Grado Académico de MAESTRO EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE.
2. La Tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para lo cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La Tesis es original e inédita, y no ha sido realizada, desarrollada o publicada, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicada ni presentada de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

Lima, 24 de Noviembre de 2023.



MEZA ELGUERA NAYSHA YAMELIT
DNI. N° 70102397



Huella

Arequipa
Av. Los Incaes S/N,
José Luis Bustamante y Rivero
(054) 412 030

Calle Alfonso Ugarte 607, Yanahuara
(054) 412 030

Huancayo
Av. San Carlos 1980
(064) 481 430

Cusco
Urb. Manuel Prado - Loto B, N° 7 Av. Colasuyo
(084) 480 070

Sector Angostura KM. 10,
carretera San Jerónimo - Saylla
(084) 480 070

Lima
Av. Alfredo Mendizábal 5210, Los Olivos
(01) 213 2760

Jr. Junín 355, Miraflores
(01) 213 2760

Turnitin Tesis final 23-07

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

| | | |
|---|---|-----|
| 1 | hdl.handle.net Fuente de Internet | 2% |
| 2 | repositorio.unal.edu.co Fuente de Internet | 1% |
| 3 | kupdf.net Fuente de Internet | 1% |
| 4 | repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet | 1% |
| 5 | docplayer.es Fuente de Internet | 1% |
| 6 | pt.scribd.com Fuente de Internet | 1% |
| 7 | repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet | 1% |
| 8 | publicaciones.eafit.edu.co Fuente de Internet | <1% |
| 9 | es.mfgrobots.com Fuente de Internet | <1% |

| | | |
|----|--|------|
| 10 | Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante | <1 % |
| 11 | 1library.co Fuente de Internet | <1 % |
| 12 | scielo.sld.cu Fuente de Internet | <1 % |
| 13 | eprints.uanl.mx Fuente de Internet | <1 % |
| 14 | es.scribd.com Fuente de Internet | <1 % |
| 15 | Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante | <1 % |
| 16 | bdigital.unal.edu.co Fuente de Internet | <1 % |
| 17 | www.scipedia.com Fuente de Internet | <1 % |
| 18 | Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante | <1 % |
| 19 | kipdf.com Fuente de Internet | <1 % |
| 20 | ro.scribd.com Fuente de Internet | <1 % |

| | | |
|----|---|------|
| 21 | www.cio.mx Fuente de Internet | <1 % |
| 22 | cienciadigital.org Fuente de Internet | <1 % |
| 23 | link.springer.com Fuente de Internet | <1 % |
| 24 | repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 25 | www.researchgate.net Fuente de Internet | <1 % |
| 26 | Submitted to Universidad Católica San Pablo Trabajo del estudiante | <1 % |
| 27 | accedacris.ulpgc.es Fuente de Internet | <1 % |
| 28 | repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 29 | Submitted to Universidad Autónoma de Madrid Trabajo del estudiante | <1 % |
| 30 | Submitted to Universidad Tecnológica de Honduras Trabajo del estudiante | <1 % |
| 31 | Submitted to Universidad Anáhuac Poniente -- Investigaciones y Estudios Superiores, S.C. Trabajo del estudiante | <1 % |

| | | |
|----|---|------|
| 32 | Submitted to Universidad EAN Trabajo del estudiante | <1 % |
| 33 | Submitted to Universitat Politècnica de València Trabajo del estudiante | <1 % |
| 34 | repositorio.ecci.edu.co Fuente de Internet | <1 % |
| 35 | ri.ues.edu.sv Fuente de Internet | <1 % |
| 36 | Submitted to Andrews University Trabajo del estudiante | <1 % |
| 37 | repository.uamerica.edu.co Fuente de Internet | <1 % |
| 38 | colposdigital.colpos.mx:8080 Fuente de Internet | <1 % |
| 39 | repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 40 | www.scielo.org.ar Fuente de Internet | <1 % |
| 41 | core.ac.uk Fuente de Internet | <1 % |
| 42 | Submitted to BENEMERITA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE PUEBLA BIBLIOTECA Trabajo del estudiante | <1 % |

| | | |
|----|---|------|
| 43 | amica.com.mx Fuente de Internet | <1 % |
| 44 | digibug.ugr.es Fuente de Internet | <1 % |
| 45 | "Síntesis, caracterización y propiedades dieléctricas de nuevos polímeros conteniendo grupos polarizables", Pontificia Universidad Católica de Chile, 2019 Publicación | <1 % |
| 46 | www.scielo.sld.cu Fuente de Internet | <1 % |
| 47 | creativecommons.org Fuente de Internet | <1 % |
| 48 | repositorio.cientifica.edu.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 49 | www.ptolomeo.unam.mx:8080 Fuente de Internet | <1 % |
| 50 | repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 51 | repositorio.utn.edu.ec Fuente de Internet | <1 % |
| 52 | cybertesis.unmsm.edu.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 53 | sedici.unlp.edu.ar Fuente de Internet | <1 % |

| | | |
|----|---|------|
| 54 | Submitted to Escuela Politecnica Nacional Trabajo del estudiante | <1 % |
| 55 | Oanh Thi Hoang Le, Le Nhat Tran, Van Thi Doan, Quang Van Pham, Anh Van Ngo, Huan Huu Nguyen. " Mucilage Extracted from Dragon Fruit Peel () as Flocculant for Treatment of Dye Wastewater by Coagulation and Flocculation Process ", International Journal of Polymer Science, 2020 Publicación | <1 % |
| 56 | Submitted to UNIV DE LAS AMERICAS Trabajo del estudiante | <1 % |
| 57 | Submitted to Universidad Santo Tomas Trabajo del estudiante | <1 % |
| 58 | www.slideshare.net Fuente de Internet | <1 % |
| 59 | Submitted to Universidad de Jaén Trabajo del estudiante | <1 % |
| 60 | repositorio.unjfsc.edu.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 61 | repositorio.utc.edu.ec Fuente de Internet | <1 % |
| 62 | vsip.info Fuente de Internet | <1 % |

Submitted to Tecsup

63

Trabajo del estudiante

<1 %

64

Submitted to Universidad Internacional Isabel I de Castilla

Trabajo del estudiante

<1 %

65

catalonica.bnc.cat

Fuente de Internet

<1 %

66

dspace.ucuenca.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

67

worldwidescience.org

Fuente de Internet

<1 %

68

www.inecc.gob.mx

Fuente de Internet

<1 %

69

LE Gómez-Moreno, R Cajal-Medrano, SR Canino-Herrera. "Temporal variation of total carbohydrates, polysaccharides, monosaccharides and microbial metabolic activity in Estero de Punta Banda, Mexico", Ciencias Marinas, 1997

Publicación

<1 %

70

M.J. Sousa. "Effects of processing conditions on the caseinolytic activity of crude extracts of Cynara cardunculus L/Efectos de las condiciones de extracción sobre la actividad caseinolítica de los extractos de Cynara

<1 %

cardunculus L", Food Science and Technology
International, 01/01/1996

Publicación

| | | |
|----|--|------|
| 71 | fcai.uncuyo.edu.ar Fuente de Internet | <1 % |
| 72 | livrosdeamor.com.br Fuente de Internet | <1 % |
| 73 | repositorio.ute.edu.ec Fuente de Internet | <1 % |
| 74 | repository.tudelft.nl Fuente de Internet | <1 % |
| 75 | www.sabiia.cnptia.embrapa.br Fuente de Internet | <1 % |
| 76 | M.C. Pérez, F. J. García-Diego, P. Merello, P. D'Antoni et al. "Pinturas murales de la casa de Ariadna (Pompeya, Italia): Un estudio multidisciplinar de su estado actual enfocado a una futura restauración y conservación preventiva", <i>Materiales de Construcción</i> , 2012 Publicación | <1 % |
| 77 | bibdigital.epn.edu.ec Fuente de Internet | <1 % |
| 78 | ciqa.repositorioinstitucional.mx Fuente de Internet | <1 % |
| 79 | pesquisa.bvsalud.org Fuente de Internet | <1 % |

80 repositorio.espe.edu.ec <1 %
Fuente de Internet

81 rev.aetox.es <1 %
Fuente de Internet

82 ruidera.uclm.es <1 %
Fuente de Internet

83 www.coursehero.com <1 %
Fuente de Internet

84 www.scribd.com <1 %
Fuente de Internet

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 10 words

Excluir bibliografía

Activo

Índice

| | |
|---|----|
| RESUMEN | 10 |
| ABSTRAC | 11 |
| INTRODUCCIÓN | 12 |
| Capítulo I..... | 1 |
| Planteamiento del estudio | 1 |
| 1.1. Planteamiento y formulación del problema | 1 |
| 1.1.1. Planteamiento del problema | 1 |
| 1.1.2. Formulación del problema | 2 |
| 1.2. Objetivos | 2 |
| 1.2.1. Objetivo General..... | 2 |
| 1.2.2. Objetivos específicos..... | 3 |
| 1.3. Justificación de la investigación. | 3 |
| 1.3.1. Justificación teórica | 3 |
| 1.3.2. Justificación tecnológica | 4 |
| 1.3.3. Justificación ambiental..... | 4 |
| 1.3.4. Justificación económica..... | 4 |
| 1.3.5. Justificación Social | 5 |
| 1.4. Alcances y limitaciones de la investigación..... | 5 |
| 1.4.1. Alcance..... | 5 |
| 1.4.2. Limitaciones..... | 5 |
| Capítulo II..... | 6 |
| Marco Teórico | 6 |
| 2.1. Antecedentes de la investigación..... | 6 |
| 2.2. Bases Teóricas. | 10 |
| 2.2.1. Marco Legal | 10 |
| 2.2.2. Tratamiento de efluentes residuales e industriales. | 10 |
| 2.3. Definición de términos básicos..... | 11 |
| 2.3.1. Sancayo (<i>Corryocactus brevistylus</i>)..... | 11 |
| 2.3.2. Biocoagulantes | 13 |

| | |
|---|----|
| 2.3.3. Lactosuero | 16 |
| 2.3.4. Contaminación ambiental | 18 |
| 2.3.3. Electrocoagulación..... | 19 |
| Capítulo III | 25 |
| Hipótesis y variables | 25 |
| 3.1. Hipótesis | 25 |
| 3.1.1. Hipótesis General..... | 25 |
| 3.1.2. Hipótesis Específicas | 25 |
| 3.2. Operacionalización de las variables de estudio | 25 |
| 3.2.1. Variable independiente | 25 |
| 3.2.2. Variable dependiente..... | 25 |
| 3.2.3. Matriz de operacionalización de variables | 26 |
| Capítulo IV..... | 28 |
| Metodología de estudio | 28 |
| 4.1. Método, Tipo o alcance de investigación | 28 |
| 4.1.1. Método..... | 28 |
| 4.1.2. Tipo o alcance..... | 28 |
| 4.2. Diseño de la investigación | 28 |
| 4.3. Población y muestra..... | 29 |
| 4.3.1. Población | 29 |
| 4.3.2. Muestra | 29 |
| 4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos..... | 29 |
| 4.4.1. Diagrama de flujo..... | 29 |
| 4.5. Técnicas de recolección de datos | 30 |
| 4.5.1. Obtener y caracterizar un biocoagulante a partir de residuos de Sancayo (<i>Corryocactus brevistylus</i>) | 30 |
| Capítulo V..... | 42 |
| Resultados | 42 |
| 5.1. Resultados y análisis | 42 |
| 5.1.1. Obtener y caracterizar biocoagulantes a partir de residuos de Sancayo (<i>Corryocactus brevistylus</i>). | 42 |

| | |
|--|----|
| 5.1.2. Desarrollar el proceso de electrobiocoagulación de efluentes lácteos controlando los parámetros de dosis de biocoagulante, densidad de corriente y tiempo utilizando la metodología de superficie de respuesta por el diseño Box Benkhen..... | 45 |
| 5.1.3. Evaluar los valores de remoción de turbidez y DQO de los tratamientos establecidos por el diseño Box Benkhen | 50 |
| 5.1.4. Determinar los grupos funcionales presentes en el mejor tratamiento mediante Espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR)..... | 54 |
| 5.2. Discusión de resultados | 55 |
| Conclusiones..... | 59 |
| Recomendaciones..... | 60 |
| Referencias Bibliográficas | 61 |

Índice de Tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Eficacia del biocoagulantes(Nath et al., 2019) | 15 |
| Tabla 2. Composición de lactosuero dulce y ácido por g/L (Panesar et al., 2007).... | 18 |
| Tabla 3. Parámetros iniciales del efluente lácteo..... | 35 |
| Tabla 4. Variables independientes y niveles usados por el modelo BBD | 38 |
| Tabla 5. Diseño experimental de Box-Behnken y datos experimentales obtenidos para la eliminación de DQO y TB de efluentes residuales de lactosuero..... | 39 |
| Tabla 6. ANOVA de remoción de TB y DQO | 45 |
| Tabla 7. Resultados óptimos del proceso de Electrocoagulación..... | 50 |

Índice de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1. Diagrama esquemático de la configuración experimental básica de la celda de electrocoagulación (Tahreen et al., 2020b). | 20 |
| Figura 2. Extracción de Mucílago de sancayo (<i>Corryocactus brevistylus</i>). (a) residuos de sancayo secos; (b) maceración de Sancayo y (c) precipitación del mucilago de Sancayo con etanol 96 %..... | 31 |
| Figura 3. Cristales de mucílago de Sancayo (<i>Corryocactus brevistylus</i>). | 31 |
| Figura 4. Cristales de mucílago de Sancayo (<i>Corryocactus brevistylus</i>). | 32 |
| Figura 5. Procesamiento de la muestra de mucílago de Sancayo mediante el equipo espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier FTIR y Microscopia Infrarroja | 33 |
| Figura 6. Estandarización de la metodología para la detección de cationes en muestra de mucilago de Sancayo. | 34 |
| Figura 7. Análisis de cationes en muestra de mucílago de Sancayo mediante Cromatografía Iónica. | 34 |
| Figura 8. Sistema experimental. (1) Mucílago de Sancayo (<i>Corryocactus brevistylus</i>) (2) Pretratamiento; (3) fuente de alimentación; (4) Placa agitadora Hot Plate; (5) barra magnética y (6) electrodos de aluminio. (Elaboración propia) | 36 |
| Figura 9. Medición de Turbidez. | 37 |
| Figura 10. Medición de DQO utilizando la curva de calibración (a) y el equipo de medición Colorímetro (b)..... | 38 |
| Figura 11. Muestras de efluente lácteos posterior a la electrocoagulación en comparación con la muestra control..... | 38 |
| Figura 12. Micrografía mediante Microscopia Infrarroja de mucilago de Sancayo (a) y Espectro FTIR de mucilago de Sancayo (b)..... | 43 |
| Figura 133. Cromatograma de mucílago de Sancayo en dilución 1:500 | 44 |
| Figura 144. Efectos de Pareto correspondientes a la regresión realizada para (A) TB y (B) eliminación de DQO..... | 49 |
| Figura 15. Superficie de respuesta de la remoción de TB en función de la Dosis de biocoagulante, Densidad de corriente y Tiempo. | 52 |

Figura 16. Superficie de respuesta de la remoción de DQO en función de la Dosis de biocoagulante, Densidad de corriente y Tiempo. 52

Resumen

La industria láctea es calificada a nivel mundial como una de las principales industrias generadoras de aguas residuales. El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de los parámetros del proceso de electrobiocoagulación en efluentes lácteos sobre el porcentaje de remoción de turbidez y DQO empleando un biocoagulante extraído de residuos de Sancayo (*Corryocactus brevistylus*) y electrocoagulación con variables operativas de dosis de biocoagulante, densidad de corriente y tiempo, utilizando electrodos de Aluminio empleando un enfoque de metodología de superficie de respuesta, además se evaluó los efectos e interacciones de los factores del proceso (dosis de biocoagulante, densidad de corriente y tiempo) para la remoción de turbidez y DQO mediante un modelo estadístico de Superficie de Respuesta basado en el diseño Box-Behnken. Como pretratamiento de efluentes lácteos se emplearon diferentes dosis de biocoagulante y posteriormente se aplicó el proceso de electrocoagulación. Se realizó un análisis de varianza para evaluar las respuestas del modelo y las condiciones óptimas. Los resultados experimentales arrojaron 98.05 % y 83.65% en la remoción de turbidez y DQO, respectivamente. La dosis de biocoagulante tiene un efecto significativo positivo al igual que la densidad de corriente y tiempo decir, que su eficiencia la remoción de turbidez y DQO incrementa al utilizar estos parámetros. Se concluye que el uso de biocoagulante de Sancayo (*Corryocactus brevistylus*) como tratamiento primario de aguas residuales de suero de leche proporciona evidencia de ser eficaz, además de ser un coagulante natural es de bajo costo, ecológico y de fácil aplicación.

Palabras clave: *biocoagulante, electrobiocoagulación, DQO, turbidez, Sancayo Corryocactus brevistylus*

Abstrac

The dairy industry is listed worldwide as one of the main industries that generate wastewater. The objective of the study was to evaluate the effect of the parameters of the electrobiocoagulation process in dairy effluents on the volume of turbidity and COD removal by using an extra dose of biocoagulant from Sancayo (*Corryocactus brevistylus*) residues and electrocoagulation with operative dose variables. of biocoagulant, flux density and time, using aluminum electrodes by implementing a response surface method study, also evaluated the effects and interactions of process factors (biocoagulant dose, flux density and time) for the removal of turbidity and COD using a stationary model of the response surface based on the Box-Behnken design. As a pretreatment of dairy effluents, different doses of biocoagulant were implemented and later the electrocoagulation process was applied, an analysis of variance was performed to evaluate the responses of the model and the optimal conditions. The experimental results rounded 98.05 % and 83.65 % in the removal of turbidity and COD, respectively. The biocogulant dose has a significant positive effect in the same way that it determines the current density and time, that its turbidity and COD removal efficiency increases when using these parameters. If it is concluded that the use of the Sancayo biocoagulant (*Corryocactus brevistylus*) as primary treatment of whey wastewater demonstrates its effectiveness, it is also a low-cost, ecological and easy-to-apply natural coagulant.

Keywords: *biocoagulant, electrobiocoagulation, COD, turbidity, Sancayo Corryocactus brevistylus*