

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES

ESCUELA DE POSGRADO

DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES



Efectos de la biorremediación mediante el uso del bioactivador orgánico Carbo-Vit en lagunas de estabilización del sector Punta Carnero – Ecuador

TESIS

Para optar el grado académico de Doctor en Ciencias Ambientales

Autor: Mg. Juan José Humanante Cabrera

Tumbes, 2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES

ESCUELA DE POSGRADO

DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES



Efectos de la biorremediación mediante el uso del bioactivador orgánico Carbo-Vit en lagunas de estabilización del sector Punta Carnero – Ecuador

Tesis aprobada en forma y estilo por:

Dr. Miguel Antonio Puestas Chully (Presidente):

Dr. Javier Mijahuanca Infante (Secretario):

Dr. José Modesto Carrillo Sarango (Miembro):

Dr. José Modesto Carrillo Sarango
DNI N° 00223850
Miembro de Jurado

Tumbes, 2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES

ESCUELA DE POSGRADO

DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES



Efectos de la biorremediación mediante el uso del bioactivador orgánico Carbo-Vit en lagunas de estabilización del sector Punta Carnero – Ecuador

Los suscritos declaramos que la tesis es original en su contenido y forma

Mg. Juan José Humanante Cabrera (Autor):

.....

Dr. Carlos Alberto Deza Navarrete (Asesor):

.....

Dr. Víctor Manuel Reyes (Co-asesor):

.....

Tumbes, 2022

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
Licenciada
Resolución del Consejo Directivo N° 155-2019-SUNEDU/CD
ESCUELA DE POSGRADO
Tumbes – Perú

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

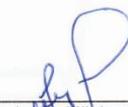
En Tumbes, a los veintiséis días de abril del dos mil veintidós, a las diecisiete horas y mediante la modalidad virtual via zoom, se reunieron los miembros del jurado designados con Resolución Directoral N° 018-2021/UNTUMBES-EPG-D: Dr. Miguel Antonio Puescas Chully, (presidente), Dr. Javier Mijahuanca Infante, (secretario), Dr. José Modesto Carrillo Sarango, (miembro) y además, al Dr. Carlos Alberto Deza Navarrete, asesor, para proceder al acto de la sustentación y defensa de la tesis: **Efectos de la biorremediación mediante el uso del bioactivador orgánico Carbo-Vit en lagunas de estabilización del Sector Punta Carnero – Ecuador**; presentado por el doctorando de Ciencias Ambientales, Juan José Humanante Cabrera.

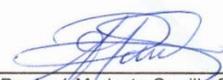
Concluida la exposición y sustentación, absueltas las preguntas y efectuadas las observaciones, lo declaran: **APROBADO CON EL CALIFICATIVO SOBRESALIENTE**, dando cumplimiento al Artículo 91° del Reglamento de Tesis para Pregrado y Posgrado, de la Universidad Nacional de Tumbes.

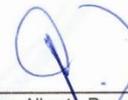
Siendo las dieciocho horas con diez minutos, se dio por concluido el acto académico, y dando conformidad se procedió a firmar la presente acta.

Tumbes, 26 de abril de 2022.


Dr. Miguel Antonio Puescas Chully
DNI N° 02660522
Presidente de Jurado


Dr. Javier Mijahuanca Infante
DNI N° 00227398
Secretario de Jurado


Dr. José Modesto Carrillo Sarango
DNI N° 00223850
Miembro de Jurado


Dr. Carlos Alberto Deza Navarrete
DNI N° 16532820
ORCID N° 0000-0002-3324-3741
Asesor

C.c. Jurado de Tesis (3), Asesor (1), sustentante (1), UI (2)

DEDICATORIA:

A mi Padre, que ya no se encuentra junto a nosotros, pero está siempre presente en nuestra memoria, quien, con sus ideales, ejemplos de lucha y superación me enseñó sus experiencias, virtudes y a trabajar arduamente hasta conseguir los objetivos propuestos.

A mi madre, que con su ternura supo sembrar principios, se desvivió de manera abnegada por sacar adelante sus retoños.

A mi querida esposa, compañera fiel, que me ha acompañado por los caminos de la vida en los 34 años de nuestro matrimonio, quien con su perseverancia me ha alentado en la terminación de esta nueva meta.

A mis hijos Juan y María y a mis nietos: Juan José, Juan Sebastián, Jorge Julio, Victoria Valentina y Luisana Valentina, fruto de amor, razón de mi lucha y superación quienes, con anhelo con todo mi corazón, logren ser personas de bien y mejor de lo que pude llegar a ser.

Juan José

AGRADECIMIENTO:

A Dios por darme la oportunidad de prepararme día a día tanto el ámbito espiritual como en el profesional, que con su bendición estoy llegando a culminar esta meta.

A los maestros extranjeros, que compartieron sus experiencias y conocimientos de sus respectivas áreas de las ciencias.

A mi Asesor el Dr. Carlos Alberto Deza Navarrete y a mi Co Asesor el Dr. Víctor Manuel Reyes

A todas las personas que participaron en el desarrollo de este trabajo de investigación.

El Autor

ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN	11
ABSTRACT.....	12
RESUMO.....	13
CAPÍTULO I.....	¡Error! Marcador no definido.
1. INTRODUCCIÓN	¡Error! Marcador no definido.
CAPÍTULO II.....	¡Error! Marcador no definido.
2. REVISIÓN DE LITERATURA	¡Error! Marcador no definido.
CAPÍTULO III.....	¡Error! Marcador no definido.
3. MATERIALES Y MÉTODOS	¡Error! Marcador no definido.
3.1. Materiales.....	¡Error! Marcador no definido.
3.2. Métodos	¡Error! Marcador no definido.
CAPÍTULO IV.....	¡Error! Marcador no definido.
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	¡Error! Marcador no definido.
4.1. Resultados.....	¡Error! Marcador no definido.
4.2. Discusión	¡Error! Marcador no definido.
CAPÍTULO V.....	¡Error! Marcador no definido.
5. CONCLUSIONES	¡Error! Marcador no definido.
CAPÍTULO VI.....	¡Error! Marcador no definido.
6. RECOMENDACIONES	¡Error! Marcador no definido.
CAPÍTULO VII.....	¡Error! Marcador no definido.
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	¡Error! Marcador no definido.
CAPÍTULO VIII.....	¡Error! Marcador no definido.
8. ANEXOS.....	¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE CUADROS

Página

- Cuadro 1: Características físicas, químicas y biológicas del agua residual .. **¡Error! Marcador no definido.**
- Cuadro 2: Calidad del agua según NMP de Coliformes. **¡Error! Marcador no definido.**
- Cuadro 3: Operacionalización de Variables. **¡Error! Marcador no definido.**
- Cuadro 4: Resultados de la eficiencia de remoción de carga contaminante mediante la prueba de rangos con signos de WILCOXON. **¡Error! Marcador no definido.**
- Cuadro 5: Resultados de la remoción de coliformes por fecha de muestreo. **¡Error! Marcador no definido.**
- Cuadro 6: Comparación de la eficiencia del tratamiento tradicional (2014-2020) y la aplicación de bioactivador orgánico líquido Carbo-Vit como sistema biorremediador de aguas residuales. **¡Error! Marcador no definido.**
- Cuadro 7: Resultados Estadísticos de DQO. **¡Error! Marcador no definido.**
- Cuadro 8: Resultados Estadísticos de DBO..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Cuadro 9: Resultados Estadísticos de pH..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Cuadro 10: Resultados Estadísticos de Coliformes Fecales **¡Error! Marcador no definido.**
- Cuadro 11: Comparación de media de parámetros evaluados con TULSMA (2015).
..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Cuadro 12: Resultados Estadísticos por Parámetros PRE y POST aplicación del tratamiento Carbo-Vit (EFLUENTE). **¡Error! Marcador no definido.**
- Cuadro 13: Parámetros de Calidad de Agua para Riego Agrícola: Tratamiento Carbo-Vit. **¡Error! Marcador no definido.**
- Cuadro 14: Comparación Eficiencia de Remoción de Carga Contaminante: Tratamiento Biológico Tradicional (2014-2020) Vs. Tratamiento Biorremediador: Carbo-Vit..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Cuadro 15: Parámetros de Calidad de Agua para Riego Agrícola. **¡Error! Marcador no definido.**

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Diagrama de flujo del proyecto.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 2: Valores de la Media (2014-2020) en Afluyente y Efluente de DQO. Marcador no definido.	¡Error!
Figura 3: Pruebas de Rangos con Signo de Wilcoxon para Muestras Relacionadas de DQO (afluyente y efluente).....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 4: Valores de la Media (2014-2020) en Afluyente y Efluente de DBO. Marcador no definido.	¡Error!
Figura 5: Pruebas de Rangos con Signo de Wilcoxon para muestras relacionadas (afluyente y efluente) de DBO.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 6: Valores de la Media de pH (2014-2020) en Afluyente y Efluente.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 7: Pruebas de Rangos con Signo de Wilcoxon para Muestras relacionadas de pH (afluyente y efluente).	¡Error! Marcador no definido.
Figura 8: Valores de la Media (2014-2020) en Afluyente y Efluente de Coliformes Fecales.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 9: Pruebas de Rangos con signo de Wilcoxon para Muestras Relacionadas de Coliformes Fecales (afluyente y efluente). Marcador no definido.	¡Error!
Figura 10: Efectos de la adición del bioactivador orgánico Carbo-Vit (Coliformes Fecales).....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 11: Efectos Resultantes de Ensayos Post Aplicación Carbo-Vit: DBO-DQO.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 12: Comparación de la Eficiencia de Remoción Tratamiento Biológico Tradicional (2014-2020) Vs. Tratamiento Biorremediador Carbo-Vit.	¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE ANEXOS

Página

- Anexo 1: Criterios de calidad de aguas para riego agrícola. **¡Error! Marcador no definido.**
- Anexo 2: Recolección de datos de parámetros de caracterización de agua residual en el afluente y efluente del sistema lagunar Punta Carnero por parte de AGUAPEN-EP (2014-2020). **¡Error! Marcador no definido.**
- Anexo 3: Resultados de Ensayos realizados por el laboratorio de control de calidad de agua residual de la empresa AGUAPEN-EP. **¡Error! Marcador no definido.**
- Anexo 4: Resultados de Ensayos realizados por el laboratorio acreditado “Grupo Químico Marcos”. **¡Error! Marcador no definido.**
- Anexo 5: Estadístico Descriptivos (Recopilación Información de Afluente y Efluente Período 2014-2020 por Parte de AGUAPEN-EP). **¡Error! Marcador no definido.**
- Anexo 6: Prueba U-Mann Whitney WILCOXON ($\alpha= 0.05$). **¡Error! Marcador no definido.**
- Anexo 7: Valor de la Media Tratamiento Biológico. Laboratorio “Grupo químico Marcos”. **¡Error! Marcador no definido.**
- Anexo 8: Proceso de Preparación y Aplicación de Bioactivador Orgánico Carbo-Vit en Lagunas de Estabilización. **¡Error! Marcador no definido.**
- Anexo 9: Valor de la Media Tratamiento Carbo-Vit. Laboratorio “Grupo químico Marcos”. **¡Error! Marcador no definido.**
- Anexo 10: Informe de similitud mediante el software Turnitin. **¡Error! Marcador no definido.**

RESUMEN

La presente investigación busca evaluar los efectos ambientales de la biorremediación mediante el uso del bioactivador orgánico líquido Carbo-Vit en las lagunas de estabilización en el sector Punta Carnero, Ecuador. Investigación de enfoque cuantitativo, con diseño experimental, de tipo descriptivo-explicativo, se realizaron ensayos de calidad de agua en el afluente y efluente del sistema lagunar en Punta Carnero, tomando muestras simples del elemento líquido con y sin adición del bioactivador orgánico Carbo-Vit, y se realizó un análisis comparativo para determinar el cumplimiento de las normativas SENAGUA (2012) y TULSMA (2015). Se calcularon estadísticos descriptivos de media y desviación estándar, se realizaron pruebas de comparación (test de Wilcoxon; α : 0.05), e índices de eficiencia de remoción de cargas contaminantes (IERCC). Los IERCC en el sistema de tratamiento, los mismo que fueron bajos comparados a los límites establecidos: (DQO – 43.3%), (DBO – 49.7%), (CF – 68.62%), solo pH cumple con la norma estandarizada; es decir, no son aptas para descargas a cuerpos de agua dulce, ni para riego agrícola. La aplicación del Carbo-Vit resultó eficaz y mejoró los criterios de calidad de agua para riego agrícola, con excepción de aceite-grasas y mercurio, en comparación con el tratamiento de AGUAPEN no cumple con CF y OD. Los IERCC en el efluente posterior de la aplicación del Carbo-Vit alcanzaron valores para DQO – 58.24%, DBO – 53.07%, CF – 99.33%, existiendo una diferencia favorable de eficiencias del 14.94% para DQO, 3.37% para DBO y 30.71% para CF comparado con el tratamiento biológico tradicional 2014-2020 empleado por la empresa reguladora AGUAPEN-EP. Carbo-Vit es una alternativa ambiental en el tratamiento de aguas residuales de origen antrópico que empleado en conjunto a otros sistemas tradicionales mejorará la calidad de las aguas. Los resultados resaltan la necesidad de mejoras en el sistema de tratamiento y de productividad agrícola.

Palabras Clave: aguas residuales, calidad del agua tratada, eficiencia de remoción; normativa para aguas; límites máximos permisibles

ABSTRACT

The purpose of the work was to evaluate the environmental effects of bioremediation using the liquid organic bioactivator Carbo-Vit in the residual stabilization ponds in the Punta Carnero sector, Ecuador. The approach was quantitative, with a descriptive-explanatory experimental design. Water quality tests were conducted on the influent and effluent of the lagoon system under normal operating conditions (AGUAPEN treatment) and with the addition of Carbo-Vit to make a comparative analysis and determine compliance with SENAGUA (2012) and TULSMA (2015) regulations. Descriptive statistics (mean and standard deviation) were calculated, as well as comparison tests (Wilcoxon test; α : 0.05), and pollutant load removal efficiency indices - IERCC. AGUAPEN systematically develops a treatment system. The average pH values comply with the standard. The IERCC in the effluent were low compared to the established limits: Chemical Oxygen Demand (COD - 43.3%), Biochemical Oxygen Demand (BOD - 49.7%), Fecal Coliforms (CF - 68.62%), however the average pH complies with the standard, the limits established in the SENAGUA (2012) and TULSMA (2015) regulations, therefore the water is not suitable for discharge into are not suitable for discharge into freshwater bodies (Achayan River), nor for agricultural irrigation. The application Carbo-Vit was effective for agricultural irrigation water quality criteria except for oil-fat and mercury, which in comparison to the AGUAPEN treatment also failed to meet CF and Dissolved Oxygen (DO). The IERCC in the effluent after Carbo-Vit application reached values for COD – 58.24%, BOD – 53.07%, CF – 99.33%, there being a favorable difference in efficiencies of 14.94% for COD, 3.37% for BOD and 30.71% for CF compared to the traditional biological treatment 2014-2020 employed by the regulating company AGUAPEN-EP. Carbo-vit is an environmental alternative in the treatment of wastewater of anthropic origin that, when used in conjunction with other traditional systems, can improve water quality. The results highlight the need for improvements in the treatment system.

Keywords: Wastewater; Treated water quality; Removal efficiency; Water standards; Maximum permissible limits

RESUMO

O objectivo do trabalho era avaliar os efeitos ambientais da bioremediação utilizando o bioactivador orgânico líquido Carbo-Vit nos tanques de estabilização residual no sector de Punta Carnero, Equador. A abordagem foi quantitativa, com um desenho experimental descritivo-explicativo. Foram efectuados testes de qualidade da água no sistema lagunar influente e efluente em condições normais de funcionamento (tratamento AGUAPEN) e com a adição de Carbo-Vit para fazer uma análise comparativa e determinar o cumprimento dos regulamentos SENAGUA (2012) e TULSMA (2015). Foram calculadas estatísticas descritivas (média e desvio padrão), bem como testes de comparação (teste Wilcoxon; α : 0,05), e índices de eficiência de remoção de carga poluente (IERCC). O IERCC no efluente foi baixo em comparação com os limites estabelecidos: Demanda Química de Oxigénio (COD – 43.3%), Demanda Bioquímica de Oxigénio (CBO – 49.7%), Coliformes Fecais (CF – 68.62%), no entanto o pH médio cumpre a norma, portanto a água não é adequada para descarga em corpos de água doce (rio Achayan), nem para irrigação agrícola. A aplicação de Carbo-Vit foi eficaz para os critérios de qualidade da água para irrigação agrícola, com excepção da gordura do petróleo e do mercúrio, que, em comparação com o tratamento AGUAPEN, também não cumpriu os critérios de oxigénio CF e Dissolvido (DO). O IERCC no efluente após a aplicação de Carbo-Vit atingiu valores para COD – 58.24%, CBO – 53.07%, CF – 99.33%, com uma diferença favorável de eficiência de 14.94% para COD, 3.37% para CBO e 30.71% para CF em comparação com o tratamento biológico tradicional 2014-2020 empregado pela empresa reguladora AGUAPEN-EP. O Carbo-Vit é uma alternativa ambiental no tratamento de águas residuais de origem antropogénica que, quando utilizado em conjunto com outros sistemas tradicionais, pode melhorar a qualidade da água. Os resultados sublinham a necessidade de melhorias no sistema de tratamento.

Palavras-chave: Águas residuais; Qualidade da água tratada; Eficiência da remoção; Normas de água; Limites máximos admissíveis