



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

Capacidad de remoción de compuestos organofosforados por
Serratia marcescens en suelos contaminados del Distrito de Moche

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

AUTOR

Rodríguez Tamayo, Diana Beatriz

ASESOR

Dr. Quezada Álvarez, Medardo Alberto

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

TRUJILLO-PERÚ

(2018)

JURADO EVALUADOR

Dr. Jose Alfredo Cruz Monzón
PRESIDENTE

Msc. Walter Moreno Eustaquio
SECRETARIO

Dr. Medardo Alberto Quezada Álvarez
VOCAL

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres, Gregorio Rodríguez Bustos y Loyda Tamayo Coronel por ser el pilar más importante en mi vida quienes con su amor y cariño me dieron la fuerza para culminar mi carrera universitaria.

A mis hermanas que siempre han estado junto a mí brindándome su apoyo incondicional.

A mi familia en general, por brindarme su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por cuidarme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

A mis padres, que con su amor me han enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada y siempre preservar en mis metas dándome sus sabios consejos.

A mis hermanas, por los consejos brindados y su ayuda mutua en afrontar los retos que se presentaron a lo largo de mi vida.

A los profesores de la Facultad de Ingeniería de la Universidad César Vallejo y de manera especial al Dr. Alberto Quezada Álvarez por su apoyo, orientación y guía en el proceso de mi tesis.

Asimismo a la MsC. Magaly De La Cruz Noriega por su valorable apoyo profesional en el desarrollo de mi tesis.

A mis amigos que han formado parte de mi vida universitaria agradecerles por su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Diana Beatriz Rodríguez Tamayo identificada con D.N.I. 77204184, alumna de pregrado de la universidad Cesar Vallejo, autora de la Tesis titulada: “capacidad de remoción de compuestos organofosforados por *Serratia marcescens* en suelos contaminados del distrito de moche”.

DECLARO QUE:

El presente trabajo de investigación, tema de la tesis presentada para la obtención del Título de Ingeniero Ambiental es original, siendo resultado de mi trabajo personal, el cual no he copiado de otro trabajo de investigación, que no se ha utilizado ideas, formulaciones, citas integrales e ilustraciones diversas, sacadas de cualquier tesis, obra, artículo, memoria, etc.

Declaro que el trabajo de investigación que pongo en consideración para evaluación no ha sido presentado anteriormente para obtener algún grado académico o título, tampoco no ha sido publicado en sitio alguno.

En este sentido, soy consciente de que el hecho de no respetar los derechos de autor y hacer plagio, son objeto de sanciones universitarias y/o legales.

Trujillo, julio 20 del 2018

Diana Beatriz Rodríguez Tamayo

D.N.I. 77204184

PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado:

En cumplimiento con las disposiciones vigentes, dispongo a vuestra consideración y criterio el presente informe de Tesis de pre grado titulado Capacidad de remoción de compuestos organofosforados por *Serratia marcescens* en suelos contaminados del distrito de Moche, con el fin de obtener el grado de Ingeniero Ambiental.

Esperando que vuestro criterio sea de comprensión por los errores u omisiones que pudieran hacerse cometido durante la elaboración de la presente, me someto a vuestro dictamen.

El Autor

ÍNDICE

RESUMEN.....	12
ABSTRACT	13
I. INTRODUCCIÓN.....	14
1.1. Realidad problemática	14
1.2. Trabajos previos	16
1.3. Teorías relacionadas al tema	20
1.3.1. Suelos	20
1.3.2. Composición del suelo	20
1.3.3. Características de un suelo contaminado.....	21
1.3.4. Pesticidas o insecticidas	21
1.3.5. Pesticidas	22
1.3.6. Compuestos organofosforado	23
1.3.7. <i>Serratia marcescens</i>	24
1.3.8. Biorremediación	25
1.4. Formulación del problema	26
1.5. Justificación del estudio.....	26
1.6. Hipótesis	27
1.7. Objetivos	27
1.7.1. Objetivo general.....	27
1.7.2. Objetivos específicos	27
II. MÉTODO	27
2.1. Diseño de investigación	27
2.1.2. Matriz de diseño de muestras	28
2.2. Variables y operacionalización.....	29
2.2.1. Variables	29
2.2.2. Matriz de operacionalización de variables	29
2.3. Población y muestra.....	30
2.3.1. Población.....	30
2.3.2. Unidad de análisis	31
2.3.3. Muestra.....	31
2.4. Técnicas e instrumento de recolección de datos, validez y confiabilidad	31
2.4.1. Instrumentos de recolección de datos	32
2.4.2. Validez y confiabilidad de instrumentos	35
2.5. Métodos de análisis de datos	35

2.6. Aspectos éticos	35
III. RESULTADOS	36
IV. DISCUSIÓN	39
V. CONCLUSIONES.....	42
VI. RECOMENDACIONES.....	43
ANEXOS.....	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01. Características fisicoquímicas del malathion	23
Tabla 02. Operacionalización de variables	30
Tabla 03. Técnicas e instrumento de recolección de datos, validez y confiabilidad	31
Tabla 04. Caracterización de los parámetros físicos y químicos del suelo	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01. Estructura química del malathion	23
Figura 02. Ubicación geográfica del lugar de muestreo	30
Figura 03. Porcentaje de la capacidad de remoción de <i>Serratia marcescens</i>	37
Figura 04. Capacidad degradadora de <i>Serratia marcescens</i>	38
Figura 05. Procedimiento para la extracción del pesticida. Solido - líquido	59

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 01. Material para la investigación.....	47
Anexo 02. Ficha de evaluación de campo.....	48
Anexo 03. Ficha técnica.....	49
Anexo 04. Recolección de muestra.....	50
Anexo 05. Coloración Gram.....	51
Anexo 06. Identificación de <i>Serratia marscecens</i>	52
Anexo 07. Descripción de las características de <i>Serratia marcescens</i>	53
Anexo 08. Inoculación de matraces para la cinética de crecimiento	54
Anexo 09. Medición de la densidad óptica en el espectrofotómetro a 600 nm	55
Anexo 10. Horas del crecimiento de la <i>Serratia marcescens</i> ATCC® 43862™	56
Anexo 11. Curva de la cinética de crecimiento de <i>Serratia marcescens</i> ATCC® 43862™.....	57
Anexo 12. Aplicando <i>S. marcescens</i> al suelos contaminado	58
Anexo 13. Extracción de plaguicida solido- líquido	58
Anexo 14. Identificación del malathion mediante un cromatografo de gases	60
Anexo 15. Condiciones cromatográfica	60
Anexo 16. Espectro de masas del malathion	61
Anexo 17. Recta de calibración del malathion	62
Anexo 18. Concentraciones del malathion	62
Anexo 19. Promedio del porcentaje de remoción de <i>Serratia marcescens</i>	63
Anexo 20. Promedio de degradación de <i>Serratia marcescens</i>	64
Anexo 21. Análisis de varianza (ANOVA) y postanova del porcentaje de remoción de <i>Serratia marcescens</i>	65
Anexo 22. Análisis de varianza (ANOVA), de degradación de <i>Serratia marcescens</i> ..	66

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo demostrar la capacidad de remoción *Serratia marcescens* con compuestos organofosforados de suelos contaminados del distrito de Moche realizándose, una caracterización fisicoquímica del suelo agrícola del distrito de Moche contaminado con compuestos organofosforados, teniendo la presencia de malathion de un 62.98 ppm siendo muy alta, los porcentajes de remoción de los tratamientos con la concentración de 10^7 ufc/mL de *S. marcescens* fue de 0.87% en el día uno, 3.96% en el día dos y 9.69% en el día tres, así mismo el porcentaje de remoción del tratamiento con la concentración de 10^8 ufc/mL de *S. marcescens* fue de 2.70% en el día uno, 6.20% en el día dos y 12.53% en el día tres, aumentando durante el tiempo, encontrándose para cada grupo experimental diferencia significativa ($p < 0.05$); y la capacidad de degradación en un tratamiento experimental con 10^7 ufc/mL de *S. marcescens* fue de 61.27 ppm en el día uno, 59.07 ppm en el día dos y 55.09 ppm en el día tres, así mismo la degradación en el tratamiento con la concentración de 10^8 ufc/mL de *S. marcescens* fue de 62.43 ppm en el día uno, 60.48 ppm en el día dos y 56.88 ppm en el día tres, disminuyendo la concentración de malathion durante el tiempo, encontrándose para cada grupo experimental diferencia significativa ($p < 0.05$).

Palabras claves: Degradación, *Serratia marcescens*, malathion, suelos agrícolas.

ABSTRACT

The objective of this work was to demonstrate the removal capacity of *Serratia marcescens* with organophosphorus compounds from contaminated soils of the Moche district, a physicochemical characterization of the agricultural soil of the Moche district contaminated with organophosphorus compounds, with the presence of malathion of 62.98 ppm being very high, the percentages of removal of the treatment with the concentration of 107 cfu / mL of *S. marcescens* was 0.87% on day one, 3.96% on day two and 9.69% on day three, as well as the percentage of Removal of the treatment with the concentration of 108 cfu / mL of *S. marcescens* was 2.70% on day one, 6.20% on day two and 12.53% on day three, increasing over time, finding significant differences for each experimental group ($p < 0.05$); and the degradation capacity in an experimental treatment with 107 cfu / mL of *S. marcescens* was 61.27 ppm on day one, 59.07 ppm on day two and 55.09 ppm on day three, as well as the degradation in the treatment with the concentration of 108 cfu / mL of *S. marcescens* was 62.43 ppm on day one, 60.48 ppm on day two and 56.88 ppm on day three, decreasing the concentration of malathion over time, finding significant difference for each experimental group ($p < 0.05$).

Key words: Degradation, *Serratia marcescens*, malathion, agricultural soils.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Actualmente la situación que se está viviendo hoy en día, se debe a los grandes problemas que está afectando al medio ambiente y a la humanidad producto de la inestabilidad del ambiente, provocada, en gran medida, por el hombre mismo, la actividad agrícola se ha visto incrementada en las últimas décadas, debido al aumento demográfico, provocando la contaminación de los suelos agrícolas por la presencia de agroquímicos siendo uno de los problemas que afecta grandes superficies del mismo. (Vargas, 2005, p.2.).

En Argentina en la agricultura es el uso extensivo de plaguicidas que son utilizadas para poder controlar las plagas y los vectores transmisores de enfermedades que afectan al ser humano y a los animales; como también impactan sobre la calidad del ambiente y degradando los suelos. (Nassetta, 2013, p.12).

El Perú es uno de los 12 países más considerados como megadiversos en la diversidad biológica, esta favorable situación que se ha visto amenazada con un inadecuado manejo de recursos existentes llevándolo a niveles críticos de deterioro de ciertas zonas del país generando problemas de desertificación, deforestación, salinización, pérdida de tierras agrícolas, toxicidad de la vegetación, agotamiento de las fuentes de agua, degradación de ecosistemas y desaparición de especies silvestres. (Angulo, 2012, p.3.).

Serratia marcescens es un bacilo gram negativo, anaerobio facultativo de la familia Enterobacteriaceae, que se utilizan por su capacidad de concentración y mitigar la contaminación del medio ambiente minimizando los impactos negativos siendo un proceso eficiente ya no es necesario tener que utilizar más sustancias tóxicas, que lo que es provocan más daños. (Pérez, 2006, p.15)

Los pesticidas organofosforados son sustancias que activan irreversiblemente la acetilcolinesterasa, el cual vienen afectando la flora, fauna y microbiológica autóctona; ocasionando problemas de contaminación ambiental con el deterioro de la calidad de los suelos con el escurrimiento de un pulverizado desde la planta hacia al suelo, el uso en exceso de sustancias como los pesticidas o abonos sintéticos en el proceso de cultivo, puede llegar a cambiar la situación fértil del mismo y por consiguiente detener o disminuir la producción en los cultivos (Mancipe, 2010, p.84-92).

En el distrito de Moche lo que más resalta es la siembra de productos agrícolas de hortalizas ya que estos sirven para su consumo y parte de su economía de los pobladores, pero el uso indiscriminado en la utilización de herbicidas para sus productos ocasionan la degradación del suelo ya que se acumulan sustancias a unos niveles tales que repercuten negativamente en el comportamiento de los suelos. Por otro lado las plantas que son sensibles a los plaguicidas pueden mostrar signos rápidos de crecimiento irregular, pérdida de biomasa, o muerte.

Generalmente, la presencia de contaminantes en el suelo se refleja de forma directa sobre la vegetación llevándola a su degradación, a la reducción de las especies presentes, y también a la acumulación de contaminantes en las plantas.

1.2. Trabajos previos

Internacionales

Según Alvares *et. al.* (2017,p.6), en su trabajo de investigación de “Biorremediación de organofosforados por hongos y bacterias en suelos agrícolas” en esta investigación tuvo por objetivo describir los hongos y bacterias que se encuentran involucrados en la biorremediación de los plaguicidas organofosforados que son utilizados en suelos agrícolas el cual causa una degradación en los suelos que son cultivables así como también a todos los ecosistemas y la salud de la personas; la utilización de la biorremediación es una gran herramienta para transformar los plaguicidas en unos compuestos más simples con la utilización de microorganismos; concluyendo que la biorremediación depende de la capacidad competitiva de los microorganismos.

Según Bermúdez *et. al.* (2016,p.7,33), en su artículo de investigación de “bacterias degradadoras de pesticidas organofosforado presentes en suelos contaminados”; tuvo por objetivo la realización de la caracterización de bacterias degradadoras de compuestos organofosforados de tres sub muestras de un terreno contaminado con pesticidas, en su metodología utilizaron la extracción de las muestras de suelos para luego hacer el tratamiento microbiológico utilizando la expresión del metabolismo degradador para ello se tamizaron las muestras finalmente se asilaron los microorganismos bacterianos; llegando a su conclusión que para los suelos contaminados por pesticidas organofosforados, las bacterias cultivadas de la muestra que fue aislada, se encuentra ubicada dentro de la Familia Enterobacteriaceae, con un grado de similitud del 99 a 100% con el de la especie *Pseudomonas aeruginosa*. Estas especies demostraron su capacidad para la degradación de pesticidas.

Según Garrido (2016,p.12), en su tesis para obtener el grado de doctorado con su investigación científica de “aplicación de técnicas de remediación fotocálisis heterogénea y solarización para eliminar presencia de residuos de insecticidas en agua y suelo” tuvo por objetivo la descontaminación y la reutilización de los recursos contaminados por la acción antropogénica, proponiendo dos técnicas de remediación, la fotocátalisis heterogénea y la solarización para la eliminación de los niveles residuales de determinados insecticidas en aguas y suelos, llegando a la conclusión que su metodología desarrollada es correcta ya que permitió su identificación y cuantificación de modo

rápido, simple y preciso en la disminución y la reducción del riesgo de contaminación medioambiental y para la salud.

Según Tirado (2014, p.5), en su trabajo de investigación para obtener el grado de maestría con su tema de “utilización de bacterias capaces de degradar compuestos organofosforado en suelos”; tuvo por objetivo la obtención de bacterias capaces de degradar compuestos organofosforados de suelos afectado con este tipo de contaminantes, para lograr este fin se tomaron muestras de suelo, el mismo fue sometido a extracción Soxhlet y concentración por rotaevaporación. Llegando a la conclusión se detectó la presencia de cepas bacterianas con capacidad degradativa de compuestos organofosforados y los organismos encontrados fueron capaces de desarrollarse en medios saturados con pesticidas organofosforados, con resultados satisfactorios.

Según Fernández *et. al.* (2010, p.28), en su artículo de investigación de “intoxicación por organofosforado”, dieron a conocer que los organofosforados son grupos de sustancias orgánicas altamente tóxicas que son más utilizados en el cultivo de la agricultura contaminado el suelo, llegando a la conclusión que esto un serio problema para la salud de la población, para evitar se debe hacer una capacitación sobre el manejo de estas sustancias.

Según Sánchez *et. al.* (2000,p.6,19), con su tema de investigación de “ control biológico por microorganismos antagonistas” en dicha investigación tuvieron por objetivo de caracterizar e identificar bacterias de consorcios bacterianos aislados de suelos agrícolas, con la capacidad de crecimiento sobre plaguicidas organofosforados, para ello realizaron un proceso de selección y obtención de las colonia puras las cuales fueron cultivadas en placas con agar de soya, luego las colonias se incubaron por 24 horas a una temperatura de 37 °C, llegando a la conclusión que se identificó 8 especies bacterianas, *Bacillus brevis*, *Stenotrophomonas maltophilia*, *Pseudotuberculosis*, *Weeksella virosa*, *Flavobacterium odoratu*, *Burkholderia cepacia* y *Pseudomonas stutzeri*.

Según Cycon et al; (2009, p.494-501), en su trabajo de investigación “Biodegradation of the organophosphorus insecticide diazinon by *Serratia* sp. And *Pseudomonas* sp. and its use in the bioremediation of contaminated soils”, se utilizó tres cepas bacterianas como de *Serratia marcescens* y *Pseudomonas* sp. Mediante una técnica de enriquecimiento para el aislamiento de bacterias responsable de la biodegradación de diazinón en el suelo. Todos los aislamiento pudieron crecer en medio de sal mineral, la degradación de

diazinon se aceleró cuando MSM, se complementó con glucosa, los estudios realizados sobre biodegradación del suelo esterilizado mostraron que los aislamientos muy eficientes del insecticida (100 mg de suelo) con una tasa constante de 0.032-0.085 d⁻¹ y el DT50 para diazinón varió de 11,5 días a 24,5 días. Por el contrario, la degradación de insecticida en suelo no esterilizado, no suplementado previamente con diazinón, se caracterizó por una constante de velocidad de 0.014 d⁻¹ y la fase de retraso de 7 días, durante la cual solo el 2% de la dosis aplicada se degradó; llegando a la conclusión que las cepas bacterianas aisladas pueden tener potencial para su uso en la biorremediación de suelos contaminados con diazinón.

Según Mariusz et al; (2013, p 7-16), con su trabajo de investigación “Biodegradation and bioremediation potential of diazinon-degrading *Serratia marcescens* to remove other organophosphorus pesticides from soils”, teniendo en cuenta la capacidad de *Serratia marcescens* que degrada el diazinón, para eliminar plaguicidas organofosforado como, clorpirifos, fenitrotion y paratión; fueron estudiados en un medio de sal mineral en tres suelos de diferentes características, utilizando todos los insecticidas en concentración de 50 mg/l cultivando en HSH, y 58.9%, 70.5% y 82.5% de la inicial la dosificación de CP, FT Y PT, el cual degradó en 14 días, para suelos arenosos contaminados con CP, FT Y PT, durante 42 días degradó con un 45.3%, 61.4% y 72.5%. Llegando a la conclusión que utilizando la *Serratia marcescens* en suelos estériles mostró mayor potencial de degradación 5 a 13 % para OPP, para suelos no estériles mejoraron la desaparición de todos los insecticidas, y como DT50 para CP, FT Y PT, reduciendo con un 20.7, 11.3 y 13.0 en días; entonces esta bacteria sirve para una adecuada biorremediación de suelos contaminados con OPPs.

Nacionales

Según Ballardo *et al.* (2015, p.6), en su investigación tuvo por objetivo evaluar la capacidad de bioadsorción de Cd (II) y Pb (II) de la biomasa bacteriana muerta de la cepa silvestre *Serratia marcescens* llegando a la conclusión que su eficiencia de bioadsorción máxima es de 99.89% para Cadmio y 61.32% para Plomo, con estos resultados es posible afirmar que la biomasa bacteriana sirve como remediación de ambientes contaminados con metales pesados.

Locales

Sorian (2010,p.5,58), con su tesis de investigación “efecto de la temperatura sobre la degradación del herbicida ácido 2,4-diclorofenoxiacético por un consorcio de actinomicetales de suelos agrícolas de moche, Trujillo - Perú”; tuvo por objetivo el efecto de la temperatura sobre la degradación del herbicida ácido 2,4 diclorofenoxiacético por un consorcio de actinomicetales de suelos agrícolas de moche, evaluando la biomasa bacteriana llegando a obtener una colección de actinomicetos y para que se empleados en un futuro para disminuir la contaminación de pesticidas, concluyendo que la degradación del herbicida por actinomicetos es favorecida a 30 °C evidenciando por la presencia de cloruros.

1.3. Teorías relacionadas al tema

1.3.1. Suelos

El suelo se define como la parte superior de la corteza terrestre, formada por partículas minerales por la (meteorización de las rocas), al mismo tiempo actúan sobre las rocas en desintegración de la materias orgánicas desintegradas por bacterias y los hongos es decir, la incorporación de materia orgánica, los suelos son componentes principales que constituye la tierra, en ella produce la vida animal y vegetal en ella se proyectan actividades humanas: La formación del suelo se origina a través de procesos físicos, químicos y biológicos que ocupan un lugar sobre el medio rocoso original, causando la meteorización del mismo. Los suelos contaminados son características físicas, químicas y biológicas que son alteradas negativamente por las diferentes actividades humanas también puede tener contaminación de origen natural. (Ortiz, 2007, p.56).

1.3.2. Composición del suelo

a) Inorgánicos

- Minerales, materia prima que han producido una meteorización que están alterados y liberando iones.
- Agua, es necesario para el cambio de los materiales, nutrientes, sales y arcillas.
- Gases, determinan la respiración o fermentación en el suelo. Condicionan la meteorización: ambiente oxidante o reductor.
- Sales: condicionan la estructura y propiedades químicas del suelo, así como la capacidad para obtener nutrientes por parte de las plantas.

b) Orgánicos

- Materia orgánica en disolución.
- Restos orgánicos.
- Microorganismos (hongos y bacterias).

1.3.3. Características de un suelo contaminado

Los suelos constituyen uno de los medios receptores de la contaminación más sensibles y vulnerables, procedentes de actividades de origen antrópico. Esta contaminación del suelo puede tener consecuencias en la capacidad de los suelos dejando de apoyar la vegetación y de producir biomasa, las prácticas agrícolas incorrectas y el pastoreo excesivo, poco a poco, está eliminando la capa fértil del suelo. Volviéndolo estéril para todo tipo de cultivo. (Ortiz, 2007, p.60).

1.3.4. Pesticidas o insecticidas

Son sustancias elaboradas para controlar, matar a una plaga, el cual puede ser un organismo vivo que ocasiona daños o pérdidas económicas, produciendo algunas enfermedades, las plagas pueden ser animales (como insectos o ratones), plantas no deseadas (malas hierbas, malezas) o microorganismos (como enfermedades y virus de las plantas). (Iturbe, 2010, p.14).

La contaminación por pesticidas es cada vez más grave tanto por la cantidad y diversidad en la flora y la fauna es afectada cada vez más destruyendo la diversidad natural. (Iturbe, 2010, p.16).

a. Clasificación de pesticidas

Los pesticidas se clasifican en 5 maneras distintas, la cual en cada una se han identificado varios tipos, dependiendo principalmente de su destino de aplicación, acción específica, estado de presentación, constitución química y peligrosidad para las personas. (Tirado, 2014, p.35).

b. Según su acción específica

- Insecticida, (contra insectos).
- Acaricida, (contra ácaros).
- Fungicidas, (contra hongos).
- Desinfectante y Bacterias, (contra bacterias).
- Herbicida (contra malezas).
- Rodenticida (contra roedores).
- Post cosecha (protege almacenaje de alimentos).

1.3.5. Pesticidas

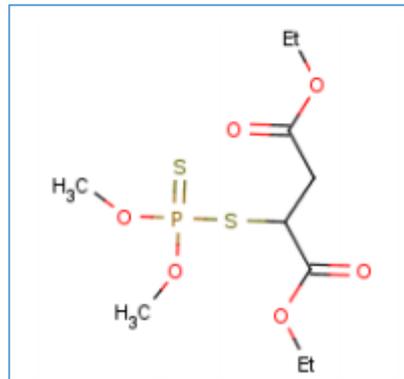
Un pesticida significa insecticida que está elaborada de sustancias dirigidas a destruir, prevenir, repeler o mitigar alguna plaga; que puede ser organismos vivos que provocan daños o pérdidas económicas o alguna enfermedad. Las plagas pueden ser animales (como insectos o ratones), plantas no deseadas (malas hierbas, malezas) o microorganismos (como enfermedades y virus de las plantas). (Hernández, 2015, p.14.).

1.3.5.1. Pesticida Malathion dietil-(dimetoxitiofosforil) succinato

El Malathion es un insecticida organofosforado sintético de amplio uso en la agricultura, en su estado puro es un líquido incoloro conteniendo más de 90% de pureza. Una vez el Malathion que es introducido al medio ambiente permanecerá en las áreas donde se aplicó por días o meses, provocando la degradación lentamente a un suelo seco. (Gonzales, 2014, p.14.).

Identidad

Nombre químico: dietil-(dimetoxitiofosforil) succinato

Estructura química.

Figura 01. Estructura química del malathion
Fuente: Torres (2014)
Tabla 1: Características Físicoquímicas del malathion.

Estado físico:	sólido
Fórmula molecular:	C ₁₀ H ₁₉ O ₆ PS ₂
Peso molecular:	330.3 g/mol
Punto de fusión:	2.85°C
Punto de ebullición:	156-157°C
Solubilidad en agua:	130 mg/L a 25°C
Presión de vapor:	5.3 mPaa 30°C
Hidrolización:	pH>7y<5
Grupo químico:	Organofosforados

Fuente: Torres (2014)
1.3.6. Compuestos organofosforado

Vienen hacer uno de los grupos de las sustancias químicas los cuales son derivados del ácido fosfórico, en su gran mayoría son liposolubles y semi volátiles, estos están formados por esteres del ácido fosfórico, el cual consta por 4 átomos de carbono; en algunos casos se puede encontrar de 3 atamos de carbono, en el cual algunas moléculas pueden sustituir

a uno de los átomos de oxígeno por uno de azufre al realizarse esta sustitución, entonces este compuesto se convierte en uno más resistente a las enzimas como son las hidrolasas y se prolongan su vida media en el ambiente a estos organofosforados se les denomina **tiones**, llegando hacer altamente tóxicos los cuales presentan una capacidad de atravesar la barrera biológica, entonces estos compuestos también tienen la capacidad de convertirse en un oxon por la acción de la luz y del oxígeno; los oxones son átomos de oxígeno que se llegan a unir al fósforo a través de un doble enlace y una de las características de los oxones es su debilidad estructural ya que se pueden hidrolizar más fácilmente que los tiones.

Estos tienen un variado rango de aplicaciones y utilidades, en su uso más común actualmente es como un plaguicida, para prevenir la presencia de plagas en las cosechas, ya que sus efectos son observados a corto plazo y su mayor actividad de estos compuestos es insecticida, fungicida y herbicida, estos son caracterizados por tener un espectro de acción más estrecho que el de los organofosforados siendo su toxicidad muy alta para los vertebrados y para los seres humanos, que obliga a una manipulación más cuidadosa y su persistencia, sobre todo en determinados tipos de suelos. (Maule, 2016, p.25).

Los organofosforados son sustancias generalmente líquidas e incoloras, pero sus funciones técnicas son de color pardo y en algunos presentan un ligero olor afrutado. Se hidrolizan lentamente en agua, siendo dicha hidrólisis más rápida al aumentar el pH. (Tirado, 2014, p.29).

La toxicidad y la acción insecticida de estos compuestos son atribuidas a la inhibición de la actividad acetilcolinesterasa, enzima que se encuentra en las células nerviosas de los insectos y cuya desactivación paraliza su sistema nervioso. . (Tirado, 2014, p.29).

1.3.7. *Serratia marcescens*

Es un bacilo gram negativo, anaerobio facultativo de la familia Enterobacteriaceae; está habitualmente asociada a entornos húmedos, ya que se encuentran en el suelo, en las plantas y en el agua; pero sin embargo, también resiste bien las condiciones de sequedad, así como las ausencias de nutrientes y oxígeno, y suele formar biofilms.

Todo ello contribuye a su ubicuidad y a una capacidad de persistencia en ambientes, sólo en las últimas décadas, *Serratia marcescens* ha sido identificada como un patógeno oportunista en humanos, transmisible entre personas (a través de las manos

principalmente), responsable de infecciones nosocomiales, bacteriemias sobre todo, y de particular riesgo en Neonatología. (Cartón, 2006, p.7).

1.3.8. Biorremediación

La biorremediación viene hacer una tecnología de descontaminación de suelos basada en la utilización de la capacidad degradadora de los microorganismos para eliminar los contaminantes del suelo ya que actualmente esta contaminación es un proceso negativo para los organismos, pero sin embargo desde el punto de vista bacteriológico, esta promueve el crecimiento de agentes microbiológicos que emplean los compuestos químicos para la nutrición y crecimiento de las colonias, este aprovechamiento de los recursos es posible gracias al empleo de enzimas específicas involucradas en el metabolismo de las bacterias para mejorar los procesos de degradación de los agentes contaminantes. Con la aplicación de la biorremediación, cuando se conoce las características de la contaminación y del suelo, se aplica la biorremediación in situ en el mismo lugar donde el suelo está contaminado. (Iturbe, 2010, p.8).

a) Ventajas de la biorremediación

- Los contaminantes son transformados y algunos llegan a la mineralización produciendo CO₂ y H₂O.
- Se utilizan microorganismos autóctonos y exógenos.
- Es una técnica segura y económica.
- El suelo saneado no requiere un confinamiento posterior.

b) Desventajas de la biorremediación

- Los microorganismos pueden inhibirse por la presencia de altas concentraciones de contaminantes.
- No es factible para sitios con altas concentraciones de hidrocarburos halogenados, metales y desechos radioactivos.
- Requiere de largos períodos de tiempo.

1.4. Formulación del problema

¿Cuál es la capacidad de remoción de compuestos organofosforados por *Serratia marcescens* en suelos contaminados del distrito de Moche?

1.5. Justificación del estudio

Con esta investigación se logro utilizar la técnica de la remoción con microorganismos porque posee la capacidad para la restauración de un ecosistema basados en la degradación de sustancias toxicas presentes a si nos permitirá demostrar que los suelos pueden recuperar sus micronutrientes y convertirse en suelos fértiles y muy beneficios para la actividad agrícola, y así los beneficiados serán los agricultores del distrito de Moche, de una manera favorable con el medio ambiente, que se refleja de forma directa sobre la vegetación llevándola a su degradación, a la reducción de las especies presentes, y también a la acumulación de contaminantes en las plantas; entonces a si ayudara ya que los microorganismos juegan un papel muy importante en el proceso de limpieza del suelo contaminado con compuestos organofosforado, estos son utilizados por los agricultores; y provocando una eliminación de una gran variedad de contaminantes al medio ambiente ya que depende de varios factores ambientales como la temperatura, el pH, la aireación y el contenido de sustancias orgánicas del suelo.

Con esta investigación se utilizo la remoción para descontaminar suelos con la ayuda del microorganismo *Serratia marcescens* para mitigar la contaminación del medio ambiente minimizando los impactos negativos siendo un proceso eficiente y ágil ya sin la necesidad de usar más sustancias toxicas, que lo que es provocan más daños y a si combatir una enfermedad que día a día están atravesando la tierra.

Se necesita conocer los beneficios de la remoción porque es un proceso importante ya que ayuda a combatir contra la irresponsabilidad e inconsciencia de los agricultores así como también de los microorganismos como las bacterias y los hongos quienes son los responsables de descomponer dichos contaminantes, teniendo un metabolismo normal con un fin muy productivo.

Esta técnica, no causa contaminación, para corregir el problema de la contaminación por compuestos organofosforados con el método de extraer la muestra de suelo contaminada para ser la utilización de los microorganismos luego ser analizados en laboratorios microbiológicos.

1.6. Hipótesis

H₁: A mayor concentración de la población de *Serratia marcescens* mayor capacidad degradadora de los compuestos organofosforados presentes en los suelos del distrito de moche.

H₂: A mayor concentración de la población *Serratia marcescens* menor capacidad degradadora de los compuestos organofosforados presentes en los suelos del distrito de moche.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo general

Demostrar la capacidad de remoción *Serratia marcescens* con compuestos organofosforados de suelos contaminados del distrito de moche.

1.7.2. Objetivos específicos

- Caracterizar los parámetros fisicoquímicos de los suelos contaminados con compuestos organofosforados procedentes del distrito de Moche.
- Determinar la capacidad de remoción de *Serratia marcescens* a 10^7 ufc/mL y 10^8 ufc/mL sobre compuestos organofosforados presentes en los suelos del distrito de moche durante 3 días de tratamiento.
- Evaluar la capacidad degradativa de *Serratia marcescens* a 10^7 ufc/mL y 10^8 ufc/mL sobre compuestos organofosforados presentes en los suelos del distrito de moche durante 3 días de tratamiento.

II. MÉTODO

2.1. Diseño de investigación

La investigación tiene un diseño experimental factorial, en el que se han considerados dos variables, una de ellas a 2 niveles y la otra a 3 niveles, con 3 repeticiones y con un grupo control, teniendo una relación causal multivariada, debido que existe relación entre la variable independiente y dependientes (Hernández *et. al.* 2010).

Esquema:

$$G_C \rightarrow O_1 \rightarrow - \rightarrow O_2$$

$$G_E \rightarrow O_3 \rightarrow X \rightarrow O_4$$

Donde:

G_C : Contenedor con suelo contaminado con compuestos organofosforado. (Grupo Control).

G_E : Contenedor con suelo contaminado con compuestos organofosforado (Grupo Experimental).

O_1 : Medición de la concentración de compuestos organofosforado pre tratamiento con *Serratia marcescens*.

X : Tratamiento con *Serratia marcescens* a diferentes días y concentraciones.

O_2 : Medición de la concentración de compuestos organofosforados después del tratamiento con *Serratia marcescens*.

O_3 : Medición de la concentración de compuestos organofosforados. (Pre prueba).

O_4 : Medición de la concentración de compuestos organofosforado. (Pos prueba).

2.1.1. Tipo de estudio

La presente investigación es de tipo **experimental**, porque se basa en la manipulación de variables en condiciones altamente controladas, replicando un fenómeno concreto y observando el grado en que las variables implicadas y manipuladas producen un efecto determinado en la remoción de compuestos organofosforados, **cuantitativo**, porque se medirán las variables antes y después de cada tratamiento, y **aplicativo** por que usa el conocimiento de las ciencias básicas para la solución de un problema práctico (Hernández *et. al.* 2010).

2.1.2. Matriz de diseño de muestras

Concentración	Tiempo
---------------	--------

Grupo		Niveles			
		t ₁	t ₂	t ₃	
Control		C ₀	C ₀ /t ₁	C ₀ /t ₂	C ₀ /t ₃
Experimental	N I V	C ₁	C ₁ /t ₁	C ₁ /t ₂	C ₁ /t ₃
	E L E S	C ₂	C ₂ /t ₁	C ₂ /t ₂	C ₂ /t ₃


Tres repetición 1:

Grupo	Concentración	Tiempo		
		1 día	2 días	3 días
Control	0 ufc/mL	CO ₁ , CO ₂ ,...	CO ₁ , CO ₂ , ...	CO ₁ , CO ₂ , ...
		CO _n	CO _n	CO _n
Experimental	10 ⁷ ufc/mL	CO ₁ , CO ₂ ,...	CO ₁ , CO ₂ , ...	CO ₁ , CO ₂ , ...
		CO _n	CO _n	CO _n
	10 ⁸ ufc/mL	CO ₁ , CO ₂ ,...	CO ₁ , CO ₂ , ...	CO ₁ , CO ₂ , ...
		CO _n	CO _n	CO _n

Fuente: Elaboración Propia

Donde:

CO₁, CO₂,...CO_n: representan a los compuestos organofosforados encontrados.

2.2. Variables y operacionalización

2.2.1. Variables

Variable independiente:

- Aplicación de la dosis 10⁷ y 10⁸ ufc/ mL *Serratia marcescens*.

Variable dependiente:

- Degradación de compuestos organofosforados.

2.2.2. Matriz de operacionalización de variables

Tabla 2: operacionalización de variables

Variable		Definición conceptual	Dimensiones	Sub variables	Definición operacional	Indicadores	Escala de medición
Independiente	Aplicación de la dosis 107 y 108 ufc/ mL <i>Serratia marcescens</i> .	Cantidad de microorganismos eficientes para la degradación de los compuestos organofosforados	Inóculo de <i>Serratia marcescens</i>	Tiempo concentración	Días Densidad óptica (OD)	Días ufc/mL	Cuantitativa de razón
Dependiente	Degradación de compuestos organofosforados	Disminución gradual de las concentraciones de los compuestos organofosforados	Suelo contaminado	Concentración	Cromatografía de gases	(ppm)	Cuantitativa de razón

Fuente: Elaboración propia, 2017

2.3. Población y muestra

2.3.1. Población

Estuvo constituida por suelos de cultivos de hortalizas contaminados con compuestos organofosforados del distrito de Moche.

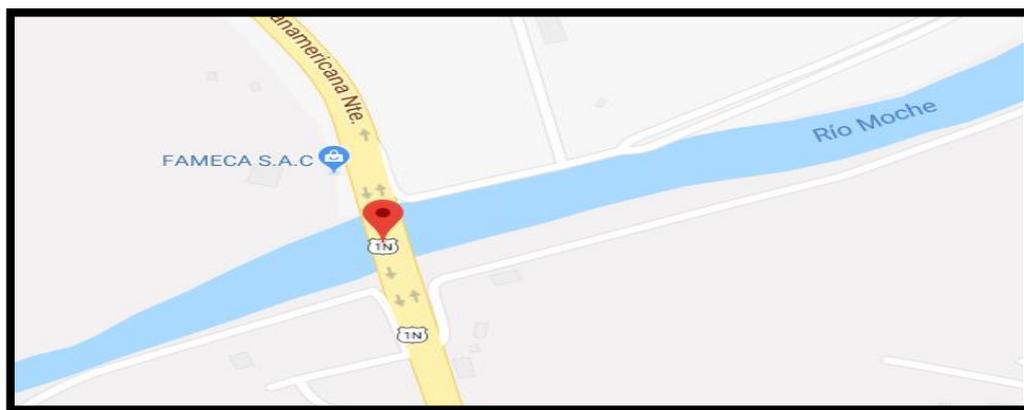


Figura 02. Ubicación geográfica de los cultivos del distrito de Moche, coordenadas (anexo 02).

Fuente: Google maps

2.3.2. Unidad de análisis

Suelo contaminado por compuestos organofosforados del distrito de moche.

2.3.3. Muestra

Es de tipo intencional o conveniencia, ya que para la extracción de las muestras de suelos se seleccionaron 5 puntos de muestreo de los cuales se recolectó 250 kg por cada calicata a una profundidad de 0.30 y de 30 a 60 cm, pero antes se procedió a limpiar el área escogida a fin de eliminar piedras y rastrojos de vegetales que puedan interferir en las determinaciones respectivas.

Luego se homogenizaron todas las muestras recolectadas, y se utilizó 1.5 kg del suelo contaminado por tratamiento y por repetición.

Las concentraciones que se utilizaron para el tratamiento por *Serratia marcescens* son: 10^7 y 10^8 (ufc/mL), los cuales fueron adicionados al suelo contaminado por cada ensayo.

2.4. Técnicas e instrumento de recolección de datos, validez y confiabilidad

Tabla 03: Técnicas e instrumento de recolección de datos, validez y confiabilidad

Etapa	Fuente	Técnicas	Instrumentos	Resultados
Ubicación e identificación del lugar de estudio.	Distrito de moche	Observación	Cuaderno de apuntes (Anexo N° 02).	Lugar de estudio ubicado e identificado.
Recolección de la muestra de suelo agrícola.	Suelos del distrito de moche	Experimental	Cadena de custodia de muestra de suelo.	Recolección de suelo contaminado.
Análisis de la muestra de suelo con compuestos organofosforados antes de la aplicación del tratamiento.	Suelos del distrito de moche.	Experimental	Ficha de registro de análisis de laboratorio (Anexo N° 3).	Compuestos organofosforado del suelo identificado.

Aplicación de tratamientos con <i>Serratia marcescens</i>	Laboratorio de la Universidad César Vallejo.	Experimental	Cuaderno de apuntes (Anexo N° 2).	Generación y aplicación de <i>Serratia marcescens</i> en el suelo contaminado.
Análisis de la muestra del suelo agrícola después de la aplicación de los tratamientos.	Muestra de suelo contaminado después de los tratamientos.	Experimental	Ficha de registro de análisis de laboratorio.	Verificación de la remoción o no compuestos organofosforado del suelo contaminado.
Interpretación y análisis.	Gabinete.	Análisis de resultados	Cuaderno de apuntes (Anexo N° 2).	Datos obtenidos procesados e interpretados.

Fuente: Elaboración propia, 2017

2.4.1. Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos que se utilizaron son los siguientes:

- Fichas de evaluación en campo para muestreo de suelos (Anexo 02).
- Ficha técnica para la recolección de datos del Post test a partir del tratamiento por *Serratia marcescens* (Anexo N° 03).
- Guía para muestreo de suelos contaminados de acuerdo al D.S. N°002 – 2013 - MINAM.
- Empelo de software: Google maps, Microsoft Excel y SPSS ver. 22.

Así mismo se realizó el siguiente procedimiento:

1° Recolección de la muestra: Se realizó el reconocimiento del área de estudio, el cuál fue regular y de forma cuadrada, tomándose cinco (5) muestras a una profundidad de 0.30 cm y de 30 a 60 cm para cada calicata. Se utilizó una pala para cavar la superficie delimitada, teniendo en cuenta de no contaminar o dañar el área. De cada punto se extrajo 0.5 kg de suelo, luego se mezclaron

todas las muestras obteniéndose 250 kg de muestra de suelo para cada tratamiento y finalmente se llevó al laboratorio para realizar los análisis necesarios (Anexo 04).

2° Caracterización de la muestra: Se realizó a partir de las muestras de suelo recolectadas, para determinar las características físico químicas del suelo, así como los compuestos organofosforados presentes en la muestra y la concentración en la que se encuentran presentes. Las muestras se llevaron al laboratorio de análisis.

3° Reactivación e identificación del inóculo: El cultivo de *Serratia marcescens*, fue reactivado en tubos de ensayos conteniendo Caldo Nutritivo, incubándose a 30°C durante 24 horas. Luego se realizó la identificación mediante la verificación de pureza que se realizó a partir de colonias que crecieron aisladas en el agar nutritivo, mediante la coloración de Gram, observándose su forma bacilar y la respuesta negativa frente a la tinción (Anexo 05, 06 y 07).

4° Cinética de crecimiento de *Serratia marcescens*: En 9 matraces de 125 mL de capacidad se vertió 30 mL de Caldo Nutritivo a cada uno, adicionalmente a 2 tubos de ensayos de 16x100 se le agregó 5 mL de Caldo Nutritivo. Los matraces y tubos con el medio fueron esterilizados en autolavados a 121°C por 15 minutos. De los 9 matraces, uno se utilizó como inóculo para los 8 matraces restantes que se usaron para la cinética de crecimiento. Uno de los tubos de ensayo se usó como pre-inóculo para el inóculo mencionado anteriormente, el otro se usó como blanco. A partir del cultivo puro de *Serratia marcescens* ATCC® 43862™ se inoculó un matraz el cual se le agregó 1 ml del pre-inóculo. Este matraz se incubó en una incubadora de agitación orbital a 30°C y 250 rpm por 18 a 24 horas (Anexo 08).

De este cultivo se obtuvieron los inóculos para la batería de matraces (8 matraces) que se utilizaron para realizar la cinética microbiana. Luego se midió el OD600 del pre-inóculo de *Serratia marcescens*, siendo de 0.270 a las 24 horas. De este pre-inóculo se tomó 1 ml para sembrar el inóculo en un matraz de 125 ml con 30 ml de caldo nutritivo. Posteriormente se colocó el inóculo en una incubadora de agitación orbital a 30°C y 250 rpm y a las 24 horas de cultivo del

inóculo se midió el OD en el espectrofotómetro a 600 nm, siendo de 0.848 (Anexo 09). Se inoculó con 3 ml de este cultivo a los 8 matraces que se usaron para la cinética de crecimiento. Una vez inoculados, los matraces se colocaron en una incubadora de agitación orbital, a 30°C y 250 rpm y finalmente se tomarán muestras cada 4 horas, para medir su OD y graficar la curva de crecimiento (Anexo 10 y 11).

5° Preparación de los inóculos: El cultivo de *Serratia marcescens*, fue reactivado en tubos de ensayos conteniendo Caldo Infusión Cerebro Corazón (BHI), incubándose a 37°C durante 24 horas. A partir del cultivo puro de *S. marcescens* se prepararon suspensiones en agua destilada estéril (ADE) a concentraciones de 10^7 y 10^8 ufc/mL, las cuales fueron proporcionadas por el laboratorio de la Universidad Cesar Vallejo, luego cada concentración se inoculó en los respectivos tratamientos que fueron evaluados durante 1 día, 2 días y 3 días para determinar en qué tiempo se produce mayor degradación de los sueños contaminados.

6° Determinación de compuestos organofosforado: Después de realizar cada tratamiento a un tiempo (1 día, 2 días y 3 días) y concentración (10^{-7} y 10^{-8} ufc/mL), se extrajo 250 gr de muestra por cada nivel, las cuales se enviaron al laboratorio acreditado seleccionado.

7° Contraste de resultados: Al final se procedió a ser análisis de varianza (ANOVA), el cual permitió contrastar la hipótesis propuesta y de esta manera determinar si existe o no eficiencia en la remoción de compuestos organofosforado presentes en suelos contaminados procedentes del distrito de Moche.

2.4.2. Validez y confiabilidad de instrumentos

La validación del instrumento fue en función a cada uno de los datos que se registraron en una base de datos, los cuales se verificaron con la finalidad que el documento emitido no tenga errores que alteren los resultados finales en relación al tratamiento que se aplicaron en ésta investigación.

Respecto a la confiabilidad del instrumento fue a partir del pre y post análisis de las muestras, las cuales se llevaron a cabo en un laboratorio acreditado por INACAL.

2.5. Métodos de análisis de datos

El análisis estadístico de los resultados obtenidos se llevó a cabo mediante el paquete estadístico Excel y SPSS ver. 22, mediante las siguientes etapas:

- Primera etapa, los resultados del monitoreo de los suelos contaminados antes y después de cada tratamiento fueron procesados en las hojas de cálculo elaborada por el investigador en el Programa Microsoft excel.
- Segunda etapa, los datos recolectados en el excel de los parámetros compuestos organofosforados para los suelos contaminados con las dos concentraciones de *Serratia marcescens* a diferentes tiempos se digitalizaron en el software estadístico SPSS ver. 22, como herramienta para encontrar los efectos de las variables dependientes sobre la independiente.
- Tercera etapa, contradecir la hipótesis, se utilizó la prueba de hipótesis con un nivel de significancia de 0,05 (5%).

2.6. Aspectos éticos

Toda información que se presentó en la investigación y todos los estudios que se realizaron posteriormente fueron confidencial y veraz, también se guardó privacidad de la identidad de las personas que participaron en el transcurso de la investigación. Además se aseguró el respeto por la biodiversidad y la honestidad con la que se trabajó.

III. RESULTADOS

Tabla 04. Caracterización de los parámetros físicos y químicos de los suelos contaminados con compuestos organofosforados procedentes del distrito de Moche.

Análisis	Parámetro	Resultados
Análisis de Fertilidad del Suelo	pH	7.16
	CE	18.096 ms/cm
	MO	0.31%
	P	13.73 mg/kg
	K	785.07 mg/kg
	CaCO ₃	22.70%
	% de Saturación	36.6%
Análisis textural y capacidad total de cambio	Arena	58.33%
	Limo	26.36%
	Arcilla	15.31%
	Textura	Franco Arenoso
	CTC	12.05 meq/100g
Análisis de compuestos organofosforados	Malatión	62.98 ppm

Fuente: Laboratorio Agrolab

Interpretación: El suelo es muy bajo en materia orgánica, alto en fósforo “asimilable”, potasio “aprovechable” y carbonatos totales, pH cercano a la neutralidad, grado de salinidad muy alto y porcentaje de saturación correspondiente a suelos húmedos. Así mismo la textura del suelo es franco arenoso (favorable) con una capacidad total de cambio baja y se encontró el compuesto organofosforado Malathion en una concentración muy alta.

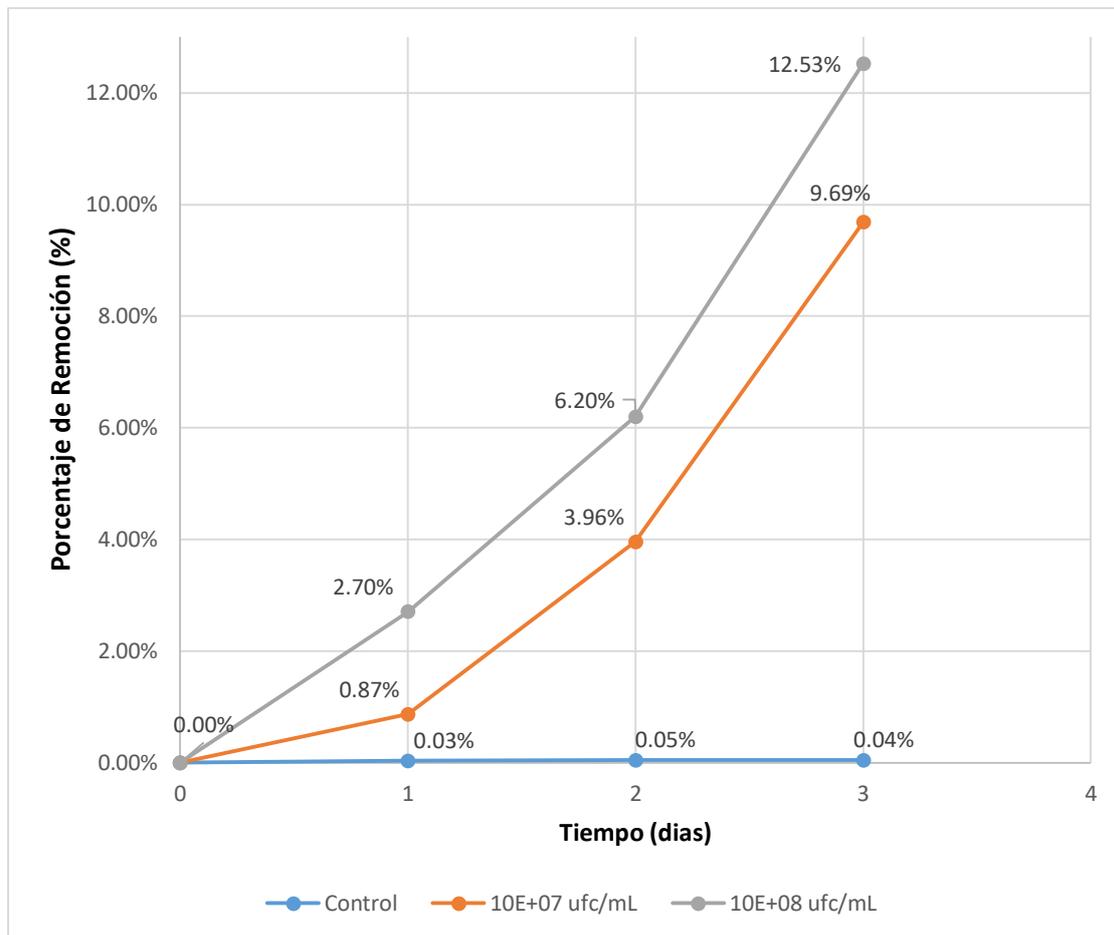


Figura 03. Porcentaje de la capacidad de remoción de *Serratia marcescens* a 10^7 ufc/mL y 10^8 ufc/mL sobre compuestos organofosforados presentes en los suelos del distrito de moche durante 3 días de tratamiento.

Interpretación: El porcentaje de remoción del tratamiento control fue mínima, obteniendo 0.03 en el día uno, 0.05% en el día dos y 0.04 en el día tres, observándose que no hay diferencia significativa ($p > 0.05$); mientras que el porcentaje de remoción del tratamiento con la concentración de 10^7 ufc/mL de *S. marcescens* fue de 0.87% en el día uno, 3.96% en el día dos y 9.69% en el día tres, así mismo el porcentaje de remoción del tratamiento con la concentración de 10^8 ufc/mL de *S. marcescens* fue de 2.70% en el día uno, 6.20% en el día dos y 12.53% en el día tres, aumentando durante el tiempo, encontrándose para cada grupo experimental diferencia significativa ($p < 0.05$).

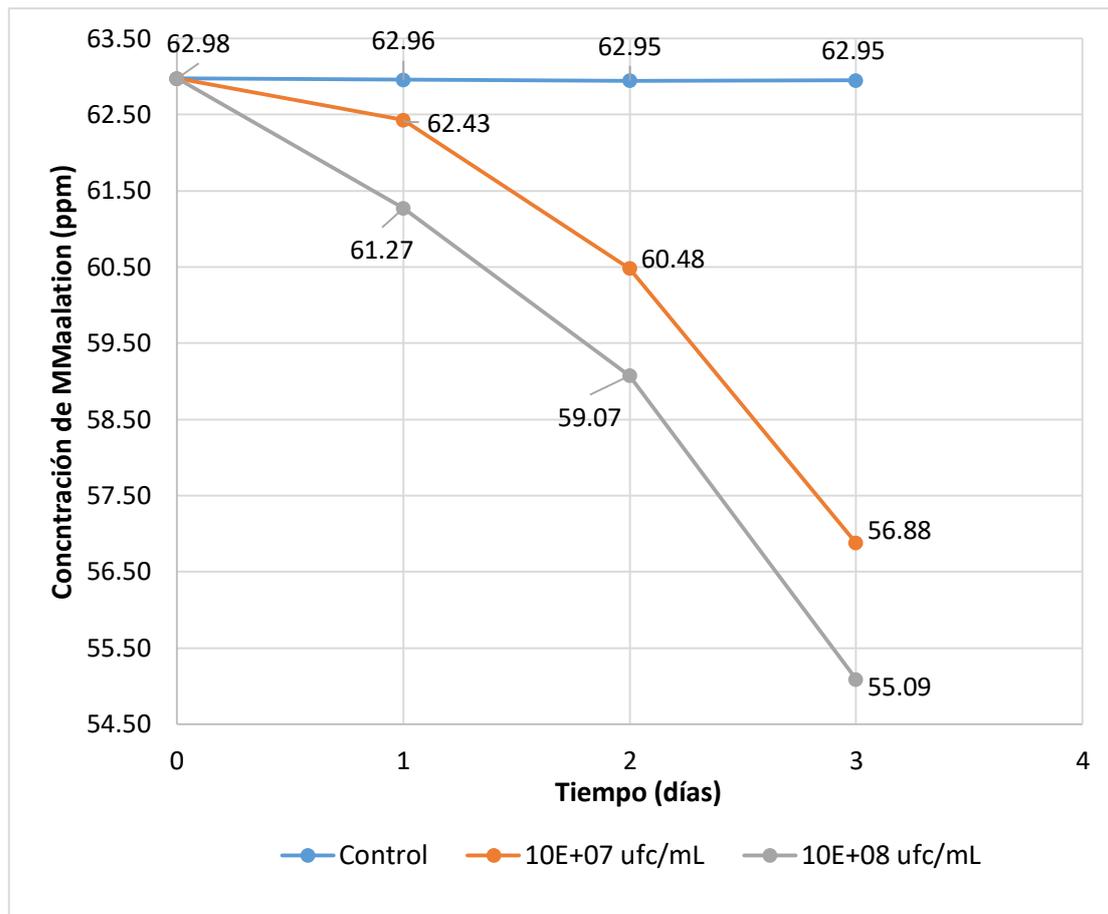


Figura 04. Capacidad degradadora de *Serratia marcescens* a 10^7 ufc/mL y 10^8 ufc/mL sobre compuestos organofosforados presentes en los suelos del distrito de moche durante 3 días de tratamiento.

Interpretación: La concentración de malathion antes de realizar los tratamientos fue de 62.98 ppm, por lo tanto se observó que la degradación en el tratamiento experimental con 10^7 ufc/mL de *S. marcescens* fue de 61.27 ppm en el día uno, 59.07 ppm en el día dos y 55.09 ppm en el día tres, así mismo la degradación en el tratamiento con la concentración de 10^8 ufc/mL de *S. marcescens* fue de 62.43 ppm en el día uno, 60.48 ppm en el día dos y 56.88 ppm en el día tres, disminuyendo la concentración de malathion durante el tiempo, encontrándose para cada grupo experimental diferencia significativa ($p < 0.05$). Por otro lado la degradación encontrada en el tratamiento control fue mínima, encontrándose 62.96 ppm en el día uno y 62.95 ppm en el día dos y tres, respectivamente, observándose que no hay diferencia significativa ($p > 0.05$) para este grupo.

IV. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos indican que los suelos de Moche están contaminados con Malathion, pues como se observa en la Tabla 04 está en una concentración de 62.98 ppm, esto se debe a que los pesticidas han sido introducidos en las prácticas agrícolas para impedir que haya pérdida de los cultivos por la afectación de plagas y así satisfacer el aumento de la demanda de alimentos producidos por la población mundial. Esta contaminación se da en primera instancia cuando los pesticidas llegan al suelo inmediatamente después de su aplicación en cambio, luego por el escurrimiento de los productos que caen sobre las plantas de los cultivos y malezas (Anwar et. al., 2009); sin embargo, entran en contacto con el ambiente y van acumulándose en el suelo por diferentes periodos de tiempo convirtiéndose en un riesgo para la salud pública y ambiental. Es por ello que es importante caracterizar estos suelos ya que estos plaguicidas pueden infiltrarse en el suelo, ser transportados por el viento, propagarse por escorrentía o por lixiviación a las aguas subterráneas y a continuación propagarse por el subsuelo, acabando por penetrar ríos o lagos (FAO, 2000), provocando que la exposición a niveles muy altos de Malathion en el aire, el agua o los alimentos por un período breve cause dificultad para respirar, opresión del pecho, vómitos, calambres, diarrea, visión borrosa, sudor excesivo, mareo, pérdida del conocimiento y la muerte (ATSDR,2003). La División de Efecto y Destino Ambiental de la EPA (EFED), concluyó que el Malathion es potencialmente móvil en la solución del suelo, especialmente en aquellos con bajo contenido de materia orgánica y alto contenido de arena (Newhart, 2006), coincidiendo con nuestros resultados.

Por otro lado, se puede observar que *Serratia marcescens* posee la capacidad de remover y degradar Malathion, pues como se observa en la Figura 02, el porcentaje de remoción de malathion fue de 9.69% (10^7 ufc/mL) y 12.63% (10^8 ufc/mL) en 3 días, mientras que en la Figura 03, la degradación de malathion fue de 55.09 (10^7 ufc/mL) y 56.88 (10^8 ufc/mL) en 3 días, obteniéndose que los valores son inversamente proporcionales y según el análisis estadístico existe diferencia significativa para cada grupo experimental, pero no se halló diferencia significativa en el grupo control. Estos resultados coinciden con los de Betancur (2013) quien reportó que *Serratia marcescens*, *Cupriavidus* sp., *Ochrobactrum* sp., *P. aeruginosa* y algunos consorcios demostraron menor porcentaje de degradación cuando fueron evaluados en suelos.

También se ha encontrado que especies como *Serratia liquefaciens* y *Serratia plymuthica* son capaces de usar los insecticidas como única fuente de carbono (Antolinez et al. 2001). Así mismo, los resultados obtenidos en esta revisión sistemática confirman a *Serratia*, *Bacillus* y *Pseudomonas*, como los géneros más estudiados como degradadores de compuestos organofosforados, siendo este último el que presenta mayor potencial para el uso en biorremediación (Chaudhari et al. 2012; Cycoń et al. 2013).

Son muchos factores que pueden intervenir en la remoción de Malathion por microorganismos vivos, ya que es ligeramente persistente, y la velocidad de su degradación depende del tipo de suelo, el contenido de materia orgánica, el contenido y la naturaleza de los minerales de arcillas presentes en el suelo, y la composición granulométrica pueden influir decisivamente en el grado de remediación del organofosforado (Cicoplafest, 2004); es así que puede deberse a los diferentes mecanismos que debe utilizar el microorganismo para acceder al organofosforado; mecanismos como la adaptación morfológica por medio del desarrollo de estructuras que permitan un mejor aprovechamiento del espacio tridimensional que contiene el sustrato, en este caso el suelo; las adaptaciones fisiológicas como la adquisición de sistemas de asimilación de alta afinidad por el contaminante; y la quimiotaxis, que le permite localizar fuentes de contaminantes e incrementar su biodisponibilidad mediante el movimiento en dirección a un gradiente superior (Betancur, 2013), siendo su principal ruta de degradación a través del metabolismo aeróbico (Mosquera, 2007), así como el tamaño del inóculo es un factor determinante, debido a que los microorganismos exógenos cuando se añaden al suelo, corren el riesgo de quedar fuera de competencia por las comunidades microbianas autóctonas, ya que la aplicación de inóculo en cantidades óptimas no solo aumenta las posibilidades de éxito de la biorremediación, sino que también disminuye el costo del proceso (Hong et al. 2007).

Además la bioquímica de degradación de los organofosforados por la mayoría de los microorganismos parece ser idéntica, por lo que los autores coinciden en que, en general, la enzima utilizada para la degradación de organofosforados es la fosfotriesterasa, que se caracteriza por catalizar la primera etapa de la degradación (Dalurzo et al. 2000), sin embargo, Singh et al. (2012) y Picco (2009) reportan que la degradación del malathion se realiza por medio de la enzima carboxilesterasa, la cual hidroliza ésteres carboxílicos, sin embargo cabe resaltar que muchas vías metabólicas dependen de enzimas que están codificadas en un plásmido, por lo cual, la capacidad de los microorganismos para

degradar compuestos orgánicos depende de la estabilidad de los plásmidos o genes del microorganismo (Ortiz y Sánchez 2010).

V. CONCLUSIONES

- Se demostró la capacidad de remoción *Serratia marcescens* con compuestos organofosforados de suelos contaminados del distrito de Moche.
- El suelo procedente de Moche presentó una concentración alta del compuesto organofosforado Malathion.
- La capacidad de remoción de *Serratia marcescens* a 10^8 ufc/mL fue mayor a la de 10^7 ufc/mL sobre el malathion, obteniéndose su mayor porcentaje el día tres con un 12.53%, en cuanto a la capacidad degradadora de *Serratia marcescens* a 10^8 ufc/mL fue mayor a la de 10^7 ufc/mL sobre malathion, obteniéndose el menor porcentaje de malathion en día tres con un 55.09 ppm.

VI. RECOMENDACIONES

Es necesario realizar más estudios que indiquen cuanto es la concentración de compuestos organofosforados en los suelos agrícolas y que tipos de bacterias pueden ser utilizadas para la terminación del proceso de biorremediación para la determinación de disminución del pesticida.

También es recomendable con respecto a los días de tratamiento se debe realizar a mas días a si habrá mayor degradacion del malathion.

En cuanto al impacto ambiental, es muy importante realizar más estudios de monitoreo y control de la zona para así hacer un seguimiento de la misma y por ende contar con datos para la recuperación medioambiental.

Finalmente, se recomienda realizar un proceso de concientización sobre la problemática ambiental a la población aledaña por medio de talleres y charlas de un buen manejo, disposición y cuidados frente a la exposición de los pesticidas de compuestos organofosforados.

VII. BIBLIOGRAFÍA

ANDRADES, Marisol; MATINEZ, Elena. Fertilidad del suelo y parametro que la definen. Universidad de la Rioja. [En Linea].2014.[Citado el, 10 de 05 del 2018.][file:///C:/Users/USER/Downloads/DialnetFertilidadDelSueloYParametrosQueLaDefinen-267902%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/USER/Downloads/DialnetFertilidadDelSueloYParametrosQueLaDefinen-267902%20(2).pdf).

ANTOLINEZ N, ACERO S, MERTINEZ-NIETO P, BERNAL-CASTILLO J. Biodegradation of Malathion by marine bacteria isolated from the Colombian Cartagena-Bay. Regulación de la fertilidad en agroecosistemas de los Andes tropicales. Ponencia presentada en: IV Simposio Internacional Desarrollo Sustentable en los Andes. La estrategia para el siglo XXI; Mérida, Venezuela. 2001.

ANWAR, Samina; LIAQUAT, Fauzia; KHAN, Qaiser; KHALID, Zhalid y IQBAL, Samani. Biodegradation of chlorpyrifos and its hydrolysis product 3,5,6-trichloro-2-pyridinol by *Bacillus pumilus* strain C2A1. *Journal of Hazardous Materials*. 2009. 400 – 405pp.

ATSDR. Toxicological profile for Malathion. U.S. Department of health and human services. Informe. 217 págs. 2003. Version web: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp154.pdf>

BARBA HO, Luz Edith. conceptos básicos de la contaminación del agua y parámetros de medición. Chile.2002.4-10 pp.

BELLAARDO DE LA CRUZ, Elena; MERINO RAFAEL, Fernando y GUTIÉRRESZ MORENO, Susana. evaluación de la capacidad de bioadsorción de cadmio (II) y plomo (II) mediante el uso de biomasa bacteriana muerta en soluciones acuosas: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.Lima.2015.6-45 pp.

BETANCUR Bibiana. Biorremediación de suelo contaminado con el pesticida 1,1, 1-tricloro-2,2'bis (p-clorofenil) etano (DDT) mediante protocolos de bioestimulación y adición de surfactante [tesis de grado]. [Medellín, Colombia]: Universidad Nacional de Colombia. 2013. 1-143 pp.

CARTÓN, E. Las técnicas de biorremediación. Argentina. 2006. 7-29 pp.

CYCOŃ Mariusz; ŻMIJOWSKA Agnieszka, WÓJCIK Marcin, PIOTROWSKA-SEGET Zofia. Biodegradation and bioremediation potential of diazinon-degrading *Serratia marcescens* to remove other organophosphorus pesticides from soils. *J Environ Manage*. 2013. 117:7-16.

CHAUDHARI Trupti, MELO Js, FULEKAR M.; D'SOUZA Stanislaus. Tributyl phosphate degradation in batch and continuous processes using *Pseudomonas pseudoalcaligenes* MHF ENV. *Int Biodeterior Biodegradation*. 2012. 74:87-92.

DALURZO Humberto, TOLEDO Diana, VÁZQUEZ Sara. Efecto del uso del suelo sobre la actividad de la fosfatasa ácida en ultisoles del sur de Misiones. Universidad Nacional del Nordeste. 2000. 1-3 pp. [http://www.unne.edu.ar/unne-
vieja/Web/cyt/cyt/2000/5_agrarias/a_pdf/a_021.pdf](http://www.unne.edu.ar/unne-vieja/Web/cyt/cyt/2000/5_agrarias/a_pdf/a_021.pdf).

FAO, O. Evaluación de la contaminación del suelo. Manual de referencia. Roma. 2000

FERNANDEZ, A. Intoxicación por organofosforados. Colombia.2010.3-28.

HONG Qing, ZHANG Zhonghui, HONG Yuanfan, LI Shunpeng. A microcosm study on bioremediation of fenitrothion-contaminated soil using *Burkholderia* sp. fds-1. *Int Biodeterior Biodegradation*. 2007. 59(1):55-61.

ITURBE, Rosario. Biorremediación. Universidad Nacional Autónoma de México. Mexico.2010.ISBN 978-607-021-267-73.

MARCHESE, Adolfo. Estudio físico y químico de suelos agrícolas para la estimación del nivel de salinización en el sector bajo de San Pedro de Lloc. Universidad Católica del Perú. Tesis para optar el título de Licenciado en Química.2015. 85-95 pp.

MORI. Nivel de Depresión de Tierras Agrícolas y Deterioro Ambiental en el Sector Alto de la Campiña del Distrito de Moche. Trujillo. Tesis para optar el grado de maestro en ciencias.2008.6-48 pp.

MORALES, Luis. Análisis estadísticos y geoestadísticos en diferentes estudios de algunas propiedades de un suelo bajo cultivo de espárragos. Tesis para obtener el grado doctoral.2004.230-235.

MOSQUERA Roberto. (2007). Biodegradación de Malatión Utilizando Microorganismo Nativos de Suelos Agrícolas. Medellín: Universidad de Antioquia.

MUÑOZ, María Teresa; IGLESIAS, Verónica y BORIS, Lucero. Plaguicidas Organofosforados y Efecto Neuropsicológico y Motor en la Región de Maule Chile. 19 de febrero de 2016.

NASSETTA, Mirtha; BOVI, Graciela y VILLAAMIL, Edda. Situación actual de la contaminación por plaguicidas en Argentina. Septiembre de 2013.12-30 pp.

NEWHART, KayLynn. Environmental Fate of Malathion. California: Department of Pesticide Regulation. California Environmental Protection Agency. 2006. 1-20 pp.

ORTIZ. Técnica de Recuperación de Suelos Contaminados. España.2007.56-109 pp.

ORTIZ-HERNÁNDEZ Ma, SÁNCHEZ-SALINAS Enrique. Biodegradation of the organophosphate pesticide tetrachlorvinphos by bacteria isolated from agricultural soils in México. Rev Int Contam Ambient. 2010. 26(1):27-38.

PEREZ, M. Control Biológico por Microorganismos Antagonistas. Tesis. Universidad de Fisiología Vegetal. [En Línea].2006. [Citado el, 10 de 07 de 2018.] http://www.horticom.com/revistasonline/horticultura/rh191/08_15.pdf.

PICCO Eduardo. Influencia de los estados fisiológicos en la disposición cinética de clorpirifós en bovinos [tesis doctoral]. [Santa Fe, Argentina]: Universidad Nacional del Litoral. 2009. 1-241 pp.

RILE, Pete; CONTIERO, Marco y COTTER, Janet. Tolerancia a Herbicidas y Cultivos Transgénicos.2011.6-45 pp.

SINGH Baljinder, KAUR Jagdeep, SINGH Kashmir. Biodegradation of malathion by *Brevibacillus* sp. strain KB2 and *Bacillus cereus* strain PU. World J Microbiol Biotechnol. 2012. 28(3):1133-1141.

SORIANO. Efecto de la Temperatura Sobre la Degradación del Herbicida Acido 2,4 Diclorofenoxiacético por un Consorcio de Actinomicetales de Suelos Agrícolas de Moche, Trujillo-Perú. Libertad, Universidad Nacional de Trujillo. Tesis para Optar el Grado de Doctor en Ciencias Ambientales.2010.10-89 pp.

TIRADO, Irene. Obtención de cepas bacterianas con capacidad degradativa de compuestos organofosforado del suelo contaminado de un barrio de Cartagena, Bolívar. Universidad de Cartagena. India.2014.5-35 pp.

ANEXOS

Anexo 01. Material para la investigación

MATERIAL DE CAMPO

- Pala pequeña
- Bolsa de plástico resistente.
- Tina de plástico.
- Wincha
- GPS
- Cámara fotográfica
- Rotulador.

MATERIAL DE LABORATORIO

- Lamina porta objeto.
- Aza bacteriológica.
- Microscopio óptico.
- Set de Gram (Cristal violeta, Lugol, alcohol cetona y safranina).
- Aceite de inmersión
- Caldo Nutritivo (g/L): 3g extracto de carne, 5g peptona. pH 7.0.
- NaOH 5 M (Ajuste de pH).

Anexo 02. Ficha de evaluación de campo

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO FICHA DE CAMPO						
FECHA:						
RESPONSABLE DEL MUESTREO: Diana Rodríguez Tamayo			HORA: 9:30 a.m.		FIRMA:	
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	N° de la muestra		TIPO DE MUESTRA	CANTIDAD DE MUESTRA/PROFUNDIDAD	ÁREA	
	01		Suelo Agrícola	2 kg / 30 cm	10 x10 m ²	
LOCALIZACIÓN	LUGAR DE MUESTREO	COORDENADAS GPS	CODIGO DE LA MUESTRA	CÓDIGO FOTOGRAFICO	DESCRIPCIONES DE ACCESO AL LUGAR	
					DESCRIPCIÓN FÍSICA/COLOR Y OLOR	ACTIVIDADES EN LA ZONA CERCANA AL PUNTO DE MUESTREO
	Moche- Trujillo	S: 8° 08' 56.24" O: 79° 00' 42.11"	01	01	Marrón con un olor a húmedo.	Siembras de hortalizas Zona urbana y ladrilleras
TIEMPO (HORAS)						
HERRAMIENTAS DE MUESTREO	TIPO DE MUESTRIADOR		TIPO DE RECIPIENTE	MATERIAL DEL RECIPIENTE		
			Bolsa Ziploc	PET		
OBSERVACIONES	Se observó que al momento de muestrear el suelo estaba un poco húmedo.					

Fuente: Elaboración propia

Capacidad de remoción de compuestos organofosforados por *Serratia marcescens* en suelos contaminados del Distrito de Moche

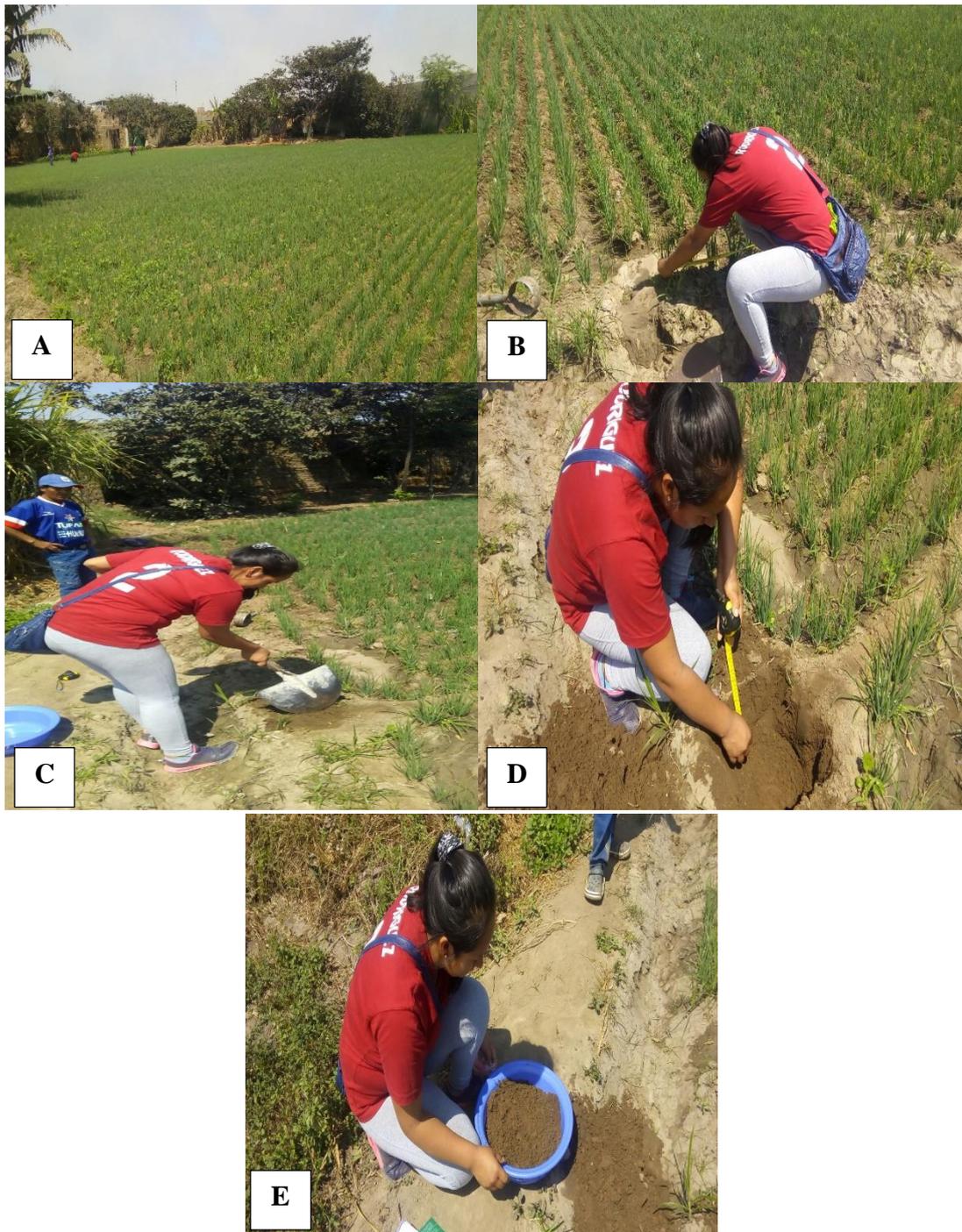
Rodríguez Tamayo, Diana Beatriz

Anexo 03. Ficha técnica

		FICHA TECNICA		COD 01 - FT		
TITULO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN						
“capacidad de remoción de compuestos organofosforados por <i>Serratia marcescens</i> en suelos contaminados del distrito de moche”						
DATOS GENERALES						
Universidad Cesar Vallejo - Trujillo		Facultad de Ingeniería		Escuela Académica Profesional de Ingeniería Ambiental		
INSTRUCCIONES						
MUESTREO DEL SUELO						
Procedencia				Suelo del distrito de Moche		
Fecha de obtención						
Fecha de análisis						
Condiciones del tratamiento				En laboratorio de la Nacional		
TRATAMIENTOS						
Código de la muestra	Suelos con compuestos organofosforados	Peso del suelo	Dosis de la concentración de <i>Serratia marcescens</i> (UFC)	Tiempo de degradación (Días)		
				1 día	2 días	3 días

Fuente: Elaboración propia

Anexo 04. Recolección de muestra



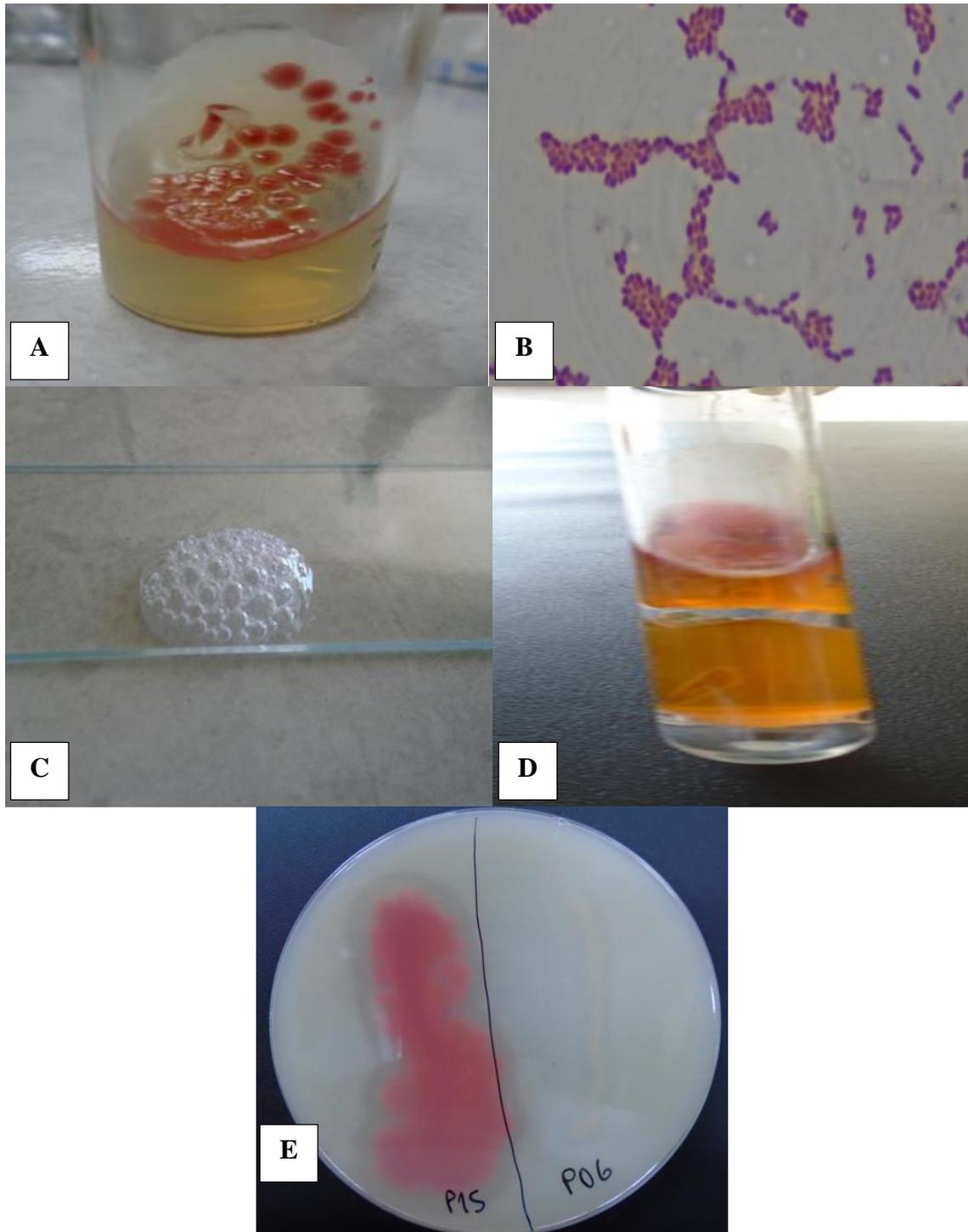
Fuente: Elaboración propia

- A. Identificación del punto de muestreo. B. Tomando las medidas del punto de muestreo. C. Haciendo la calicata para extraer la muestra. D. Midiendo el área de muestreo. E. Muestra extraída para ser llevada al laboratorio Agramipa.

Anexo 05. Coloración Gram

- Se colocó una pequeña gota de agua destilada en el portaobjetos y luego con el aza bacteriológica se obtuvo una colonia del cultivo puro de *Serratia marcescens*, re-suspendiendo la muestra en el portaobjetos y se calentó en el mechero hasta que toda el agua se secó.
- Luego se colocó cristal violeta (colorante primario) sobre el portaobjetos cubriendo la muestra por 1 minuto, pasado este tiempo se enjuagó con agua.
- Después se agregó el Lugol (mordiente) en la muestra por 1 minutos, pasado este tiempo se volvió a enjuagar.
- Posteriormente se agregó el alcohol acetona (decolorante), hasta que no se desprendió más colorante violeta, el cual requiere habitualmente 30 segundos o menos, pasado este tiempo se volvió a enjuagar.
- Y por último se agregó safranina (mordiente) a la muestra por 1 minuto, se enjuagó y finalmente se observó en el microscopio a 100X observándose la presencia de bacilos Gram Negativas correspondiente a *Serratia marcescens*.

Anexo 06. Identificación de *Serratia marscecens*



Fuente: Elaboración propia

- A. Cultivo puro de *Serratia marcescens*. B. Observación microscópica a 100X. (Gram Negativo). C. Prueba de catalasa positivo. D. Prueba TSI (A/A con producción de gas). E. Prueba de proteasas en medio agar de leche.

Anexo 07. Descripción de las características de *Serratia marcescens*.

	Resultado
Tinción Gram	Gram-negativa
Características morfológicas	Colonias grandes, circulares, de borde completo, convexo y brillante. Color rosa pálido o rojo a las 24 a 48 horas.
Características microscópicas	Bacilo corto gram-negativo con bordes redondeados
Catalasa	Positivo
Prueba de TSI	A/A (ácido/ácido, fermenta glucosa, lactosa y/o sacarosa)
Proteasa	Positivo

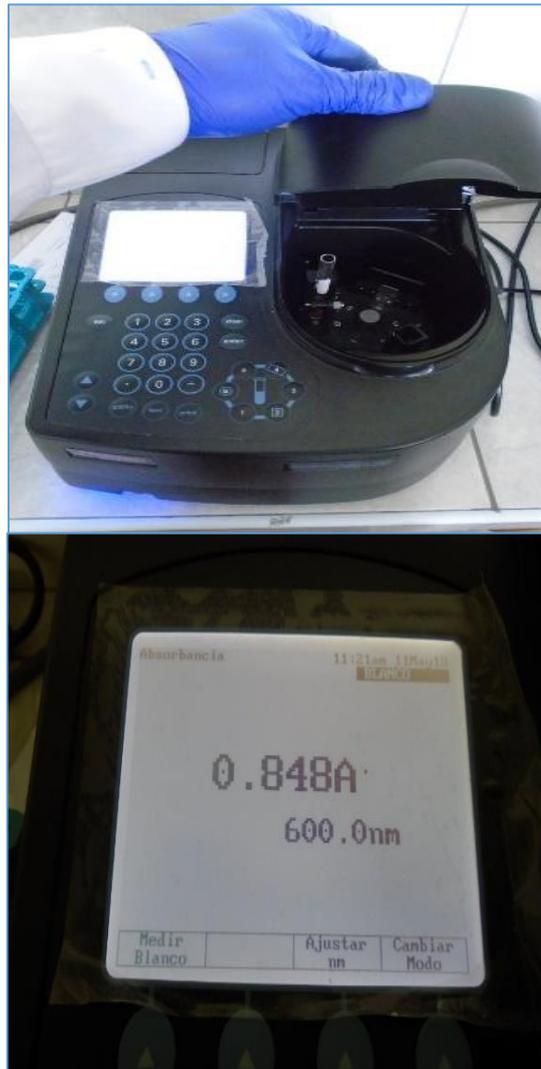
Fuente: Laboratorio de microbiología de la Universidad Nacional de Trujillo

Anexo 08. Inoculación de matraces para la cinética de crecimiento.



Fuente: Elaboración propia

Anexo 09. Medición de la densidad óptica en el espectrofotómetro a 600 nm



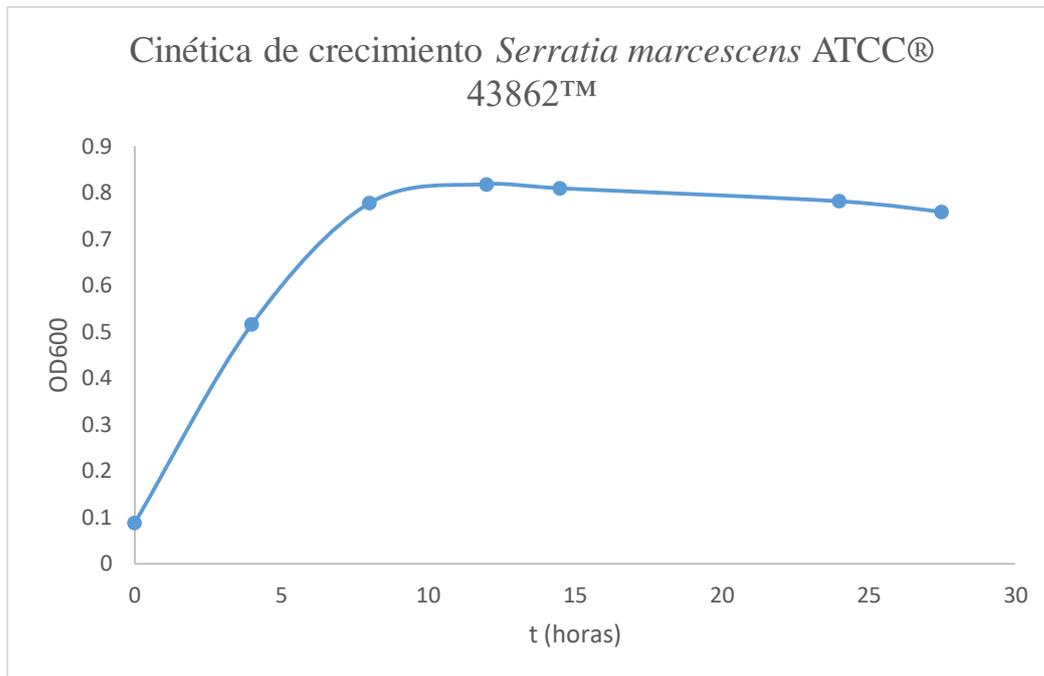
Fuente: Laboratorio de microbiología de la Universidad Nacional de Trujillo

Anexo 10. Horas del crecimiento de la *Serratia marcescens* ATCC® 43862™

t (horas)	OD 600
0	0.087
4	0.516
8	0.777
12	0.818
14.5	0.809
24	0.781
27.5	0.758

Fuente: Laboratorio de microbiología de la Universidad Nacional de Trujillo

Anexo 11. Curva de la cinética de crecimiento de *Serratia marcescens* ATCC®
43862™



Fuente: Laboratorio de microbiología de la Universidad Nacional de Trujillo

Interpretación: En el grafico se observa que primero tiene un periodo de adaptación, el cual no hay aumento significativo de la densidad celular, el aumento va por cada tiempo que pasa la densidad óptica de la bacteria y aumenta de una manera constante esto quiere decir que ya está apta para ser utilizada en el tratamiento.

Anexo 12. Aplicando *S. marcescens* al suelos contaminado



Fuente: Laboratorio de microbiología de la Universidad Nacional de Trujillo

Anexo 13. Extracción de plaguicida solido- líquido

Pesar 5 gr. de suelo y colocarlo en un vaso de precipitados de 100 ml. Añadir por la pared del vaso de pp 5 ml de hexano: acetona 1:1, tapar con papel aluminio y someterlos a sonicación por 7 minutos. El agua del sonicador debe cubrir el suelo y el solvente, los vasos de pp deben estar bien tapados. Emplear un matraz bola de 250 ml por cada muestra de suelo, colocar papel filtro y agregar sulfato de sodio (etiquetar los matraces de acuerdo a la muestra que correspondan). Sacar la muestra del sonicador, secar el exterior del vaso con una franela y dejar reposar por 2 minutos aprox. Vaciar paulatinamente el líquido por el centro del filtro poco a poco, teniendo cuidado de que no se pase suelo al matraz. Una vez vaciado todo el líquido posible, volver a agregar 5 ml del solvente y repetir el procedimiento durante tres veces. (Torres, 2014, p. 82.).

Transcurridas las tres veces, quitar el papel filtro y colocar con cuidado el matraz en el rotoevaporador a una temperatura de 65°C, encender y esperar a que se evapore hasta observar una cantidad de líquido como de 1 ml aproximadamente. (Torres, 2014, p. 82.).

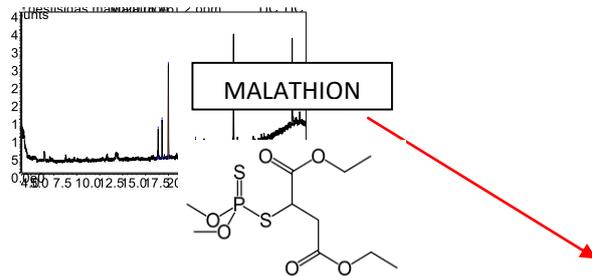
Apagar inmediatamente el rotoevaporador, salvar el líquido con ayuda de una pipeta pasteur (nueva y limpia) y colocarlo en un tubo graduado (1 ml) y aforar a con hexano. Vaciar la muestra a un vial de 2 ml ámbar con tapa. Enjuagar el tubo graduado con hexano. Proceder a realizar el análisis cromatográfico. (Torres, 2014, p. 82.).



Figura. 04. Procedimiento para la extracción del plaguicida. Sólido - líquido

Fuente: Laboratorio de microbiología de la Universidad Nacional de Trujillo

Anexo 14. Identificación del malathion mediante un cromatografo de gases



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En el grafico se observa un pico de la concentración del compuesto organofosforado.

Anexo 15. Condiciones cromatograficas

Condiciones de Cromatografía:

Temperatura del inyector:	225 °C
Temperatura del Detector:	270 °C
Temperatura inicial:	100 °C (2 min)
Rampa 1:	15 °C/min
Temperatura intermedia:	160 °C
Rampa 2:	5 °C/min
Temperatura final:	270 °C (2 min)

Columna

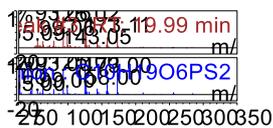
Columna: TG – 5MS

Longitud: 30 m

Diámetro: 0.25

Film: 0.25

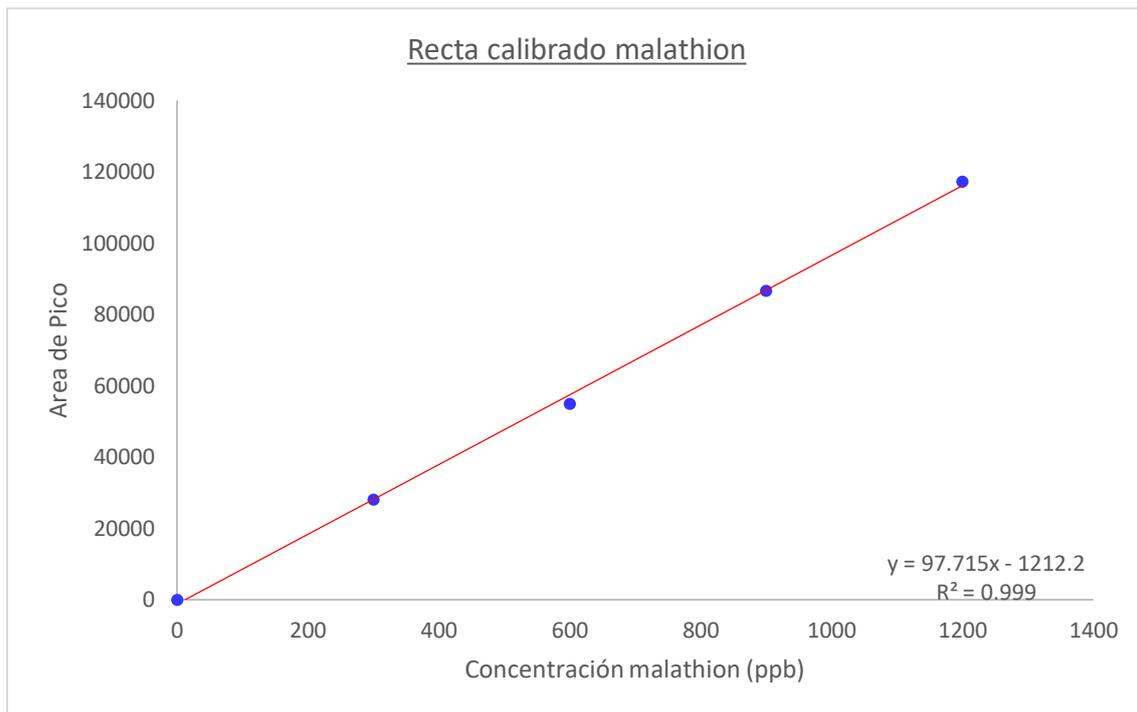
Anexo 16. Espectro de masas del malathion



Fuente: Elaboración propia

Interpretación. En el grafico se observa un espectro de masas, donde el de color azul es un base de datos que tiene el equipo de cromatografo de gases y el de color rojo sirve para hacer la comprobacion del espectro de masas.

Anexo 17. Recta de calibración del malathion



Fuente: Elaboración propia

Interpretación. En el grafico se observa el area de Pico de la recta de calibrado del malathion y su concentracion en partes por billon (ppb), realizado por un cromatografo de gases.

Anexo 18. Concentraciones del malathion

Concentración ppb	Área de pico	Promedio	s	CV		
0	0	0	0	0.0%		
300	28542	28341	28068	654.68	0.3%	
600	55186	54910	55015	139.31	0.6%	
900	86185	87095	86952	86744	489.36	0.3%
1200	117497	116905	117300	117234	301.47	0.3%

Fuente: Elaboración propia

Interpretación. En el cuadro se observa la concentración del malathion su área de pico, desviación estándar y su coeficiente de variación.

Anexo 19. Promedio del porcentaje de remoción de *Serratia marcescens* sobre compuestos organofosforados presentes en los suelos del distrito de Moche durante 3 días de tratamiento.

Tratamientos	Tiempo (Días)	Repeticiones			Promedio
Control (0 ufc/mL)	0	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	1	0.38%	-0.05%	-0.24%	0.03%
	2	0.51%	-0.19%	-0.14%	0.05%
	3	0.35%	-0.14%	-0.08%	0.04%
Experimental 1 (10 ⁷ ufc/mL)	0	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	1	0.82%	0.87%	0.91%	0.87%
	2	4.25%	3.71%	3.92%	3.96%
	3	9.82%	3.92%	9.61%	9.69%
Experimental 2 (10 ⁸ ufc/mL)	0	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	1	2.85%	2.70%	2.56%	2.70%
	2	6.27%	6.14%	6.18%	6.20%
	3	12.68%	12.50%	12.41%	12.53%

Fuente: Elaboración propia

Anexo 20. Promedio de degradación de *Serratia marcescens* sobre compuestos organofosforados presentes en los suelos del distrito de moche durante 3 días de tratamiento.

Tratamientos	Tiempo (Días)	Repeticiones			Promedio (ppm)
Control (0 ufc/mL)	0	63.11	62.88	62.94	62.98
	1	62.87	62.91	63.09	62.96
	2	62.79	63.00	63.05	62.95
	3	62.89	62.97	62.99	62.95
Experimental 1 (10^7 ufc/mL)	0	63.11	62.88	62.94	62.98
	1	62.59	62.33	62.37	62.43
	2	60.43	60.55	60.47	60.48
	3	56.91	56.83	56.89	56.88
Experimental 2 (10^8 ufc/mL)	0	63.11	62.88	62.94	62.98
	1	61.31	61.18	61.33	61.27
	2	59.15	59.02	59.05	59.07
	3	55.11	55.02	55.13	55.06

Fuente: Elaboración propia

Anexo 21. Análisis de varianza (ANOVA) y postanova, del porcentaje de remoción de *Serratia marcescens* sobre compuestos organofosforados presentes en los suelos del distrito de moche durante 3 días de tratamiento.

ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Control (0 ufc/mL)	Inter-grupos	0.004	3	0.001	0.018	0.996
	Intra-grupos	0.662	8	0.083		
	Total	0.667	11			
Experimental 1 (10 ⁷ ufc/mL)	Inter-grupos	172.694	3	57.565	2553.699	0.000
	Intra-grupos	0.180	8	0.023		
	Total	172.874	11			
Experimental 2 (10 ⁸ ufc/mL)	Inter-grupos	263.689	3	87.896	7924.541	0.000
	Intra-grupos	0.089	8	0.011		
	Total	263.778	11			

POSTANOVA

Tratamientos	Días	N	Subconjunto para alfa = .05			
			1	2	3	4
Control (0 ufc/mL)	0 días	3	0.0000			
	1 día	3	0.0300			
	2 días	3	0.0433	-	-	-
	3 días	3	0.0500			
	Sig.		0.845			
Experimento 1 (10 ⁷ ufc/mL)	0 días	3	0.0000			
	1 día	3		0.8667		
	2 días	3			3.9600	
	3 días	3				9.6833
	Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000
Experimento 2 (10 ⁷ ufc/mL)	0 días	3	0.0000			
	1 día	3		2.7033		
	2 días	3			6.1967	
	3 días	3				12.5300
	Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000.

*Se utilizó la prueba de Duncan

Anexo 22. Análisis de varianza (ANOVA), de degradación de *Serratia marcescens* sobre compuestos organofosforados presentes en los suelos del distrito de moche durante 3 días de tratamiento.

ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Control (0 ufc/mL)	Inter-grupos	0.002	3	0.001	0.044	0.987
	Intra-grupos	0.100	8	0.012		
	Total	0.101	11			
Experimental 1 (10 ⁷ ufc/mL)	Inter-grupos	68.522	3	22.841	2324.749	0.000
	Intra-grupos	0.079	8	0.010		
	Total	68.601	11			
Experimental 2 (10 ⁸ ufc/mL)	Inter-grupos	104.548	3	34.849	4817.897	0.000
	Intra-grupos	0.058	8	0.007		
	Total	104.606	11			

POSTANOVA

Tratamientos	Días	N	Subconjunto para alfa = .05			
			1	2	3	4
Control (0 ufc/mL)	0 días	3	62.9467			
	1 día	3	62.9500			
	2 días	3	62.9567	-	-	-
	3 días	3	62.9767			
	Sig.			0.763		
Experimento 1 (10 ⁷ ufc/mL)	0 días	3	56.8767			
	1 día	3		60.4833		
	2 días	3			62.4300	
	3 días	3				62.9767
	Sig.			1.000	1.000	1.000
Experimento 2 (10 ⁷ ufc/mL)	0 días	3	55.0867			
	1 día	3		59.0733		
	2 días	3			61.2733	
	3 días	3				62.9767
	Sig.			1.000	1.000	1.000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

b. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000.

*Se utilizó la prueba de Duncan

