



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Biorremediación con Hongos y Bacterias en suelo contaminados
con Pesticidas 2022: Revisión Sistémica**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Ambiental

AUTORA:

Palomino Pariona, Estefany (orcid.org/0000-0001-9589-7620)

ASESOR:

Mg. Quijano Pacheco, Wilber Samuel (orcid.org/0000-0001-7889-7928)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA - PERÚ

2022

Dedicatoria

Esta investigación va dedicada a mis padres y a mis hermanos que siempre me apoyaron a pesar de las dificultades y a todas las personas que confiaron en mí.

Agradecimiento

A Dios que me aguardó en momentos difíciles y con su bendición pude llegar a concluir mi carrera.

A mi hija Luciana que es mi mayor motivación.

Al Biólogo Wilmer Joyo que hizo posible aclarar mis dudas para poder seguir con mi tesis

A la Universidad Alas Peruanas por las enseñanzas brindadas en mi carrera profesional y a la Universidad Cesar Vallejo por el asesoramiento de la mano del Ing. Wilber Samuel Quijano Pacheco.

Índice de contenidos

| | |
|--|------|
| Carátula..... | i |
| Dedicatoria | ii |
| Agradecimiento | iii |
| Índice de contenidos | iv |
| Índice de tablas | v |
| Índice de figuras | vi |
| RESUMEN | vii |
| ABSTRACT | viii |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| II. MARCO TEÓRICO | 4 |
| III. METODOLOGÍA..... | 11 |
| 3.1. Tipo y diseño de investigación..... | 12 |
| 3.2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización..... | 12 |
| 3.3. Escenario de estudio | 12 |
| 3.4. Participantes..... | 13 |
| 3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos..... | 13 |
| 3.6. Procedimientos..... | 13 |
| 3.7. Rigor científico..... | 15 |
| 3.8. Método de análisis de la Información..... | 15 |
| 3.9. Aspectos éticos | 15 |
| IV. RESULTADO Y DISCUSIÓN | 17 |
| V. CONCLUSIONES..... | 32 |
| VI. RECOMENDACIONES | 34 |
| REFERENCIA..... | 36 |
| ANEXOS | 45 |

Índice de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Bacterias biorremediadores de pesticidas. | 7 |
| Tabla 2. Hongos biorremediadores de pesticidas. | 8 |
| Tabla 3. Consorcio mixto de microorganismos para la remediación de pesticidas. | 9 |
| Tabla 4. Biorremediación de pesticidas con bacterias. | 19 |
| Tabla 5. Biorremediación de pesticidas con hongos. | 25 |

Índice de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1. Ciclo del pesticida en el Medio Ambiente. | 7 |
| Figura 2. Clasificación de los pesticidas. | 10 |
| Figura 3. Procedimiento de revisión sistémica | 13 |
| Figura 4. Procedimiento de selección de artículos. | 14 |
| Figura 5. Bacterias más usadas para la biorremediación de pesticidas. | 24 |
| Figura 6. Hongos más usados para la biorremediación de pesticidas..... | 28 |
| Figura 7. Efectividad de la biorremediación de hongos y bacterias | 29 |
| Figura 8. Degradación de pesticidas con bacterias y hongos..... | 30 |

RESUMEN

La investigación se basó en una revisión sistemática. Se realizó con 40 artículos científicos. Tuvo como objetivo evaluar la biorremediación con hongos y bacterias en suelos contaminados con pesticidas. Los tipos de bacterias usadas en la biorremediación de suelos contaminados con pesticidas fueron de 33% *pseudomona sp.*, 17% *bacillus sp.*, 13% *cinetobacter sp.* y *paenibacillus sp.*, 8% *stenotrophomonas sp.*, y 4% *novosphingobium sp.*, *rhizobium sp.* y *sphingomonas sp.* La aplicación de hongos se dio con un 27% *Trametes versicolor*, 20% *Pharnerochaete*, con un 7% *Tricholoma giganteum*, *Penicillium miczniskii*, *Trichoderma viride*, *P. ostreatusena* y *C. cladosporioides*, y con un 6% *Aspergillus niveus*, *Sclerotium cepivorum* y *B. antennata*. Los pesticidas que degradan las bacterias fueron en un 77% los Insecticidas, 13% fungicida y 10% herbicida. Los tipos de pesticidas degradados por hongos son 80% insecticidas, 30% son herbicidas y 7% fungicidas. En el caso de las bacterias se obtuvo una efectividad de degradación de los pesticidas con una efectividad alta de 81%, la efectividad media 11% y la efectividad baja 8%. Con los hongos obtenemos una efectividad de 70%, la efectividad media 18% y la efectividad baja 12%.

Palabras clave: biorremediación, pesticidas, bacterias, hongos, ecosistema.

ABSTRACT

The research was based on a systematic review. It was carried out with 40 scientific articles. Its objective was to evaluate bioremediation with fungi and bacteria in soils contaminated with pesticides. The types of bacteria used in the bioremediation of soils contaminated with pesticides were 33% *Pseudomonas* sp., 17% *Bacillus* sp., 13% *Cinetobacter* sp. and *Paenibacillus* sp., 8% *Stenotrophomonas* sp, and 4% *Novosphingobium* sp, *Rhizobium* sp. and *Sphingomonas* sp. Fungal application occurred with 27% *Trametes versicolor*, 20% *Phanerochaete*, 7% *Tricholoma giganteum*, *Penicillium micznskii*, *Trichoderma viride*, *P. ostreatusena* and *C. cladosporioides*, and 6% *Aspergillus niveus*, *Sclerotium cepivorum* and *B. antennata*. The pesticides that degrade bacteria were 77% insecticides, 13% fungicide and 10% herbicide. The types of pesticides degraded by fungi are 80% insecticides, 30% herbicides and 7% fungicides. In the case of bacteria, a degradation effectiveness of pesticides was obtained with a high effectiveness of 81%, the average effectiveness 11% and the low effectiveness 8%. With the mushrooms we obtain an effectiveness of 70%, the average effectiveness 18% and the low effectiveness 12%.

Keywords: bioremediation, pesticides, bacteria, fungi, ecosyst

I. INTRODUCCIÓN

La finalidad de los pesticidas es poder controlar las plagas, para una mejor producción agrícola (FAO, 2019). Pero el mal uso que se da a los pesticidas químicos afecta significativamente al equilibrio del ecosistema, generando un impacto al medio ambiente como a la salud de las personas. Siendo estos los pesticidas más usados: insecticidas, fungicidas y herbicidas, que tiene como finalidad el control de plagas y el control de maleza. (Camacho, et al., 2016). El uso de estos productos durante décadas generó efectos en los seres vivos al igual que al medio ambiente por ser, en su gran mayoría, bioacumulables. La exposición constante de forma directa o indirecta a estos productos tiene efectos en la salud (Rodríguez et al., 2017).

Al observar los problemas que ocasionan los pesticidas, se busca solucionar ese impacto con alternativas sostenibles como la biorremediación, los pesticidas orgánicos; con la finalidad de minimizar el impacto significativo en nuestro ecosistema. La biorremediación ayuda a poder remover sustancias tóxicas que se encuentran en alguna área contaminada y poder transformarlos en compuestos menos tóxicos. (Singh, 2017).

Las especies fitorremediadoras con un adecuado monitoreo, nos ayudaran a poder reducir, de manera significativa, áreas contaminadas con mayor facilidad (Hussain et al, 2021) El uso de microorganismos a través de procesos bioquímicos para los contaminantes tiene un proceso de manera in situ o ex sito (Delgadillo et al., 2021) Los sistemas de biorremediación tienen la finalidad de absorber sustancias químicas que los microorganismos los usan el C para su crecimiento y fuente de energía. (Ruiz, 2018) El uso de especies remediadoras de suelos contaminados tiene un alto nivel de efectividad. (Vivas, 2020)

Perú cuenta con un área de 11649716.1 ha de superficie agrícola (MINAGRI, 2018) de las cuales las áreas degradadas son en un total de 1977.58 ha (OEFA, 2018) y perdidas de superficie de bosques 7453 ha (MINAM, 2018). Según la problemática la mayoría de áreas que están degradadas es consecuencia de la producción agrícola. Por lo tanto, la biorremediación puede ayudarnos a contrarrestar estos problemas. (Ruiz, 2018)

Tenemos como problema general la siguiente pregunta: ¿Cómo es la biorremediación con hongos y bacterias en suelos contaminados con pesticidas?

Planteando como problemas específicos: ¿Qué tipos de hongos y bacterias se usan más para la biorremediación con hongos y bacterias en suelos contaminados con pesticidas?, ¿Cuáles son los pesticidas degradados por la biorremediación con hongos y bacterias en suelos contaminados con pesticidas? Y ¿Cuál es la efectividad de la biorremediación con hongos y bacterias en suelos contaminados con pesticidas?

La **justificación teórica** la investigación recopila información de distintos trabajos que tuvieron el mismo enfoque, para así, poder sustentar de manera adecuada el trabajo de investigación, quedando como antecedentes para aquellos que quieran seguir investigando la misma problemática. **Justificación metodológica** al realizar una revisión sistemática, nos encontramos con artículos de investigaciones que nos da a entender la importancia que tiene la biorremediación en áreas contaminadas, para poder mejorar los niveles tóxicos del lugar. **Justificación social** al encontrar información que nos da a entender el impacto que genera los pesticidas en el medio ambiente, podamos manejar de manera adecuada la mejora de esos contaminantes con sistemas sostenibles como la biorremediación **Justificación económica** la recuperación de nuestros ecosistemas contaminados se puede dar de manera rentable por usar alternativas naturales para reducir sus niveles de toxicidad de áreas contaminadas. **Justificación ambiental** el conocimiento de los impactos al medio ambiente por el uso de pesticidas, nos ayuda a conocer sobre las medidas adecuadas para poder mitigarlo y resolverlo. Así evitar la degradación de nuestro medio ambiente.

Planteando como objetivo general: Evaluar la biorremediación con hongos y bacterias en suelos contaminados con pesticidas, teniendo como objetivos específicos: Identificar los tipos de hongos y bacterias más usadas para la biorremediación en suelos contaminados con pesticidas. Identificar los pesticidas degradados por la biorremediación con hongos y bacterias en suelos contaminados con pesticidas. Y Evaluar la efectividad de la biorremediación con hongos y bacterias en suelos contaminados con pesticidas.

II. MARCO TEÓRICO

Jantrapanukorn et al., (2016) tuvo como objetivo aislar bacterias de bacillus firmus – 1, pseudomonas aeruginosa – 2 y pseudomonas stutzeri - 3, para determinar la biorremediación del DDT (diclorodifeniltricloroetano). Se obtuvo como resultados en 7 días de aislamiento, que la temperatura optima es de 37°C - 45°C donde incrementa el rango de pH y NaCl. La cuantificación de degradación de DDT obtiene: S4-67,95 %, S13-65,05 %, S37-65,45 %, S39-67,25 %, W30-65,20 % y W37-67,55 % de la cantidad inicial.

Fang et. al., (2015) tuvo como objetivo eliminar el DDT Y Cd del suelo con especies remediadoras, siendo estas: Sphingobacterium sp. D-6 y el hiperacumulador Sedum alfredii Hance, fuero 210 días para el proceso de investigación, donde se observó que la cepa D-6 reduce el DDT entre un 65.8% - 71.8% con eliminación de Cd en un 65.8% - 71.8%, y aplicó el Sedum alfredii Hance con una reducción de 14.1% - 58.2%, al incorporar al suelo Sedum alfredii Hance y D-6 la degradación es más efectiva de Cd y DDT.

Zaffar et al., (2018) con la finalidad de poder eliminar el pesticida endosulfán (organoclorado) con una bacteria que lleva por nombre *Pseudomonas sp.* Se estudio 5 lotes de las cuales las concentraciones de endosulfán fueron de: 5 mg/l, 25 mg/l, 50 mg/l, 75 mg/l, y 100 mg/l. Pasando los 3 días la *Pseudomonas sp* pudo degradar un 70% y un 80% de las concentraciones iniciales, pasando los 5 días hubo una mayor degradación. Se concluyo que la bacteria usa al endosulfán como su fuente de azufre, ayudando a la degradación del pesticida.

Dai et al., (2015) con la finalidad de remediar el suelo contaminados con herbicida 2,4-D con la cepa DY4 Novosphingobium, degradando en un 50% y 95% del 2,4-D después de la inoculación entre 3 – 4 y 5 – 7 días, concluyendo que la cepa es capaz de degradar el pesticida 2,4-D pero al aplicar el herbicida altera la comunidad bacteriana del suelo, obteniendo una biorremediación relativamente débil.

Amaniet et al., (2018) el estudio tuvo como objetivo aislar 2 cepas bacterianas que degraden el diazinón y los clorpirifos (insecticidas) de suelos contaminados, las bacterias se identificaron por medio del gen ARN ribosomal 16S. Se obtuvo como resultados que las cepas 1 y 2 pudieron degradar hasta en un 88.27% y el 82.45% de diazinón, en el caso del clorpirifos la degradación fue de 81.07% y 88.35%

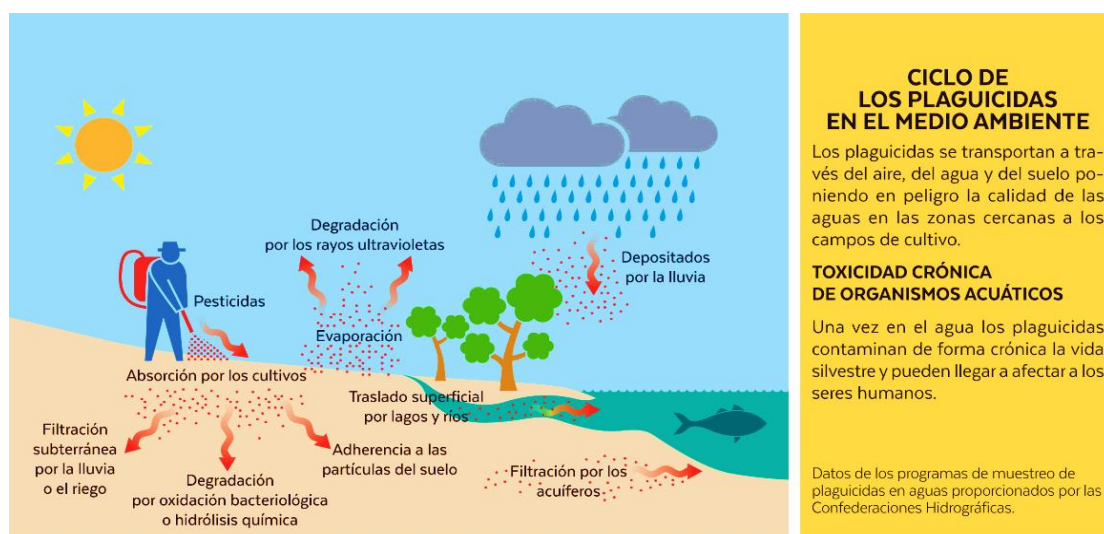
aplicadas durante 20 días, concluyendo que las bacterias *Acinetobacter* degrada en mayor porcentaje al diazinón y *Pseudomonas* sp degrada mejor el clorpirifos, siendo efectiva para remediar suelos contaminados con estos pesticidas.

Lui et al., (2019) la finalidad de este estudio es biotransformar el pesticida carbofurano con especies biodegradadoras de espacios acuáticos. Se usa 4 muestras de agua con distintas cantidades, con tipos de AOC y con las comunidades de microorganismos autóctonos. Obteniendo como resultado el crecimiento de KN65.2 con el modelo biocinética aditivo y la biotransformación del carbofuran en lugares con bajo AOC.

Qu et al., (2015) el objetivo fue la reducción de los pesticidas órganoclorados de suelos altamente contaminados con la biorremediación con PYR2. Se realizó el periodo experimental por 45 días, dando como resultado la reducción de DDT en un 80.3% con suelos incrementados con PYR2 y en un 57.6% en los suelos de control. Concluyendo que la vida de degradación de DDT en sistemas aumentados con PYR2 será útil para la biodegradación de OCP.

Vargas et. al, (2020) en su estudio tuvo como objetivo determinar la capacidad de remediación del *Aspergillus Niger* en áreas contaminadas con hexadecano. Siendo un estudio experimental utilizando el método de Electrobiorremediación de hexadecano con *Aspergillus Niger*, dio como resultados que se logra retirar hasta un 99.83% del hexadecano de un suelo con la característica de franco arenoso. Se uso 10 mA de la corriente eléctrica teniendo el valor de 14975,76 mg/kg.día durante el 12 días a una temperatura ambiente. Obteniendo un valor favorable en la eliminación del hexadecano.

Figura 1. Ciclo del pesticida en el Medio Ambiente.



Fuente: Ecologistas en acción (2018)

Tabla 1. Bacterias biorremediadoras de pesticidas.

| ORGANISMO BACTERIANO | PESTICIDA | REFERENCIA |
|---|-------------------|---|
| Actinobacteria | diazinón | Amani et al. (2019) |
| Bacilo sp. (B. thuringiensis, B. subtilis, B. firmus; cepas de Bacillus, a saber, DR-39, CS-126, TL-171 y TS-204; y B. s megaterium Mes11) | imidacloprid | Sabourmoghaddam et al. (2015) |
| | DDT | Powthong et al. (2016) |
| Chryseobacterium sp. | DDT | Qu et al. (2015) |
| Acinetobacter | Metoxicloro | Fuentes et al. (2014) |
| Novosphingobium, cepa DY4 | 2,4-D (herbicida) | Dai et al. (2015) |
| Pseudomonas sp. (P. putida MAS-1, putida, P. stutzeri, P. aeruginosa) | imidacloprid | Sabourmoghaddam et al. (2015) |
| | DDT | Powthong et al. (2016) |
| Rhizobium sp. | imidacloprid | Sabourmoghaddam et al. (2015) |
| Sphingomonas sp. tensión HJY | clorpirifos | Feng et al. (2017) |
| Pseudomonas sp. (P. putida MAS-1, putida, P. stutzeri, P. aeruginosa) | endosulfán | Zaffar et al. (2018) |

Fuente: Sarker et al.,(2021) - Tecnología e innovación ambiental

Tabla 2. Hongos biorremediadores de pesticidas.

| ORGANISMO FUNGICO | PESTICIDA | REFERENCIA |
|--|------------------------------------|---|
| <i>Aspergillus</i> sp. (<i>A. niger</i>, <i>A. sydowii</i> CBMAI 935) | paratión de metilo | Alvarenga et al. (2014) |
| <i>Ganoderma</i> sp. JAS4, <i>G. viscidus</i> | clorpirifos | Silambarasan y Abraham (2014) |
| <i>Penicillium decantureense</i> CBMAI 1234 (cepas fúngicas) | paratión de metilo | Alvarenga et al. (2014) |
| <i>Phanerochaete sordida</i> (hongo de la podredumbre blanca) | clotianidina | Mori et al. (2017) |
| <i>Trametes versicolor</i> (aislado fúngico puro) | Imiprotina + cipermetrina (mezcla) | Mir-Tutusaus et al. (2014) |

Fuente: Sarker et al., (2021) - Tecnología e innovación ambiental

Maqbool et al., (2016) caracterizaron varias especies fúngicas, los procesos que realizan son de hidroxilación, declaración, desmetilación, dioxigenación, oxidación, esterificación y deshidrocloración en el proceso de la biorremediación de pesticidas con distintas clases químicas.

Ali et al., (2019) Los hongos usan a los pesticidas como fuente de C, donde la biorremediación es significativo por el proceso de catálisis enzimática de los pesticidas por enzimas fúngicas.

Tarla et al., (2020) y Jiang et al., (2018) uno de los importantes factores dentro de la biorremediación con microorganismos para contrarrestar los plaguicidas, es evaluar la comparativa de la rentabilidad. Realizando la biorremediación en condiciones in situ, siendo una biotecnología que no requiere de mucha inversión, porque no se tiene gastos potenciales en el medio de transporte y en las excavaciones.

Tabla 3. Consorcio mixto de microorganismos para la remediación de pesticidas.

| ORGANISMOS MIXTOS | PESTICIDAS | REFERENCIA |
|--|-------------|-------------------------------------|
| Consortio bacteriano (<i>Stenotrophomonas</i> , <i>Pseudomonas</i> , <i>Ochrobactrum</i> , <i>Klebsiella</i> , <i>Bacillus</i> y su cultivo mixto) | clorpirifos | Singh et al. (2016) |
| Consortio microbiano (<i>G. molinativorx ON4T</i> , <i>Pseudomonas</i> (dos cepas), <i>Stenotrophomonas</i> y <i>Achromobacter</i>) | Molinato | Lopes et al. (2012) |
| Consortio bacteriano (<i>Pseudomonas spp. cepas</i> <i>GA07</i> , <i>GA09</i> y <i>GC04</i>) | glifosato | Zhao et al. (2015) |

Fuente: Sarker et al., (2021) - Tecnología e innovación ambiental

Cycon et al., (2017) Para poder llevar a cabo una biorremediación con microorganismos, se tiene que evaluar los siguientes factores: ambientales, temperatura, húmeda, el pH. (. (Zeng et al., 2017) en su gran mayoría las cepas bacterianas y los hongos requieren óptimas condiciones para que se pueda desarrollar el crecimiento y la reproducción adecuada.

Figura 2. Clasificación de los pesticidas.



Fuente: FAO (2019)

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

La investigación es tipo aplicada ya que tratamos las investigaciones de otros autores con el objetivo de medir la importancia de cada tema en específico, tomando en cuenta los objetivos y problemas (Veland et al., 2018)

Es de enfoque cualitativo debido a que se tiene que recolectar la información necesaria de la investigación de distintas fuentes para luego ser analizado, sin agregar variables. (Valladolid et al., 2020)

De diseño narrativo, ya que se realizó bajo una revisión sistemática donde se revisó distintos tipos de información. Tenemos en ella artículos, informaciones bibliográficas, investigaciones científicas, etc. Con el objetivo de tener resultados de distintos autores enfocados en la información que necesitamos. (Rother, 2007).

Es no experimental ya que su finalidad es reunir y poder evaluar la información de la investigación.

3.2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización

La investigación se realizó con las categorías y subcategorías por medio de una matriz de categorización apriorística, donde identificamos la información más importante para la investigación, incluyendo sus problemas y objetivos. (En **Anexo 01**).

3.3. Escenario de estudio

La investigación no cuenta con un escenario de estudios de forma específica, ya que tenemos la recopilación de investigación realizadas encontradas en distintas páginas webs de estudios, que nos ayudó a fundamentar la investigación. Pero los escenarios se toman de acuerdo a los lugares de realización de los trabajos experimentales idealizando los lugares (Benito, 2019).

3.4. Participantes

No se cuenta con participantes en esta investigación, sin embargo, consideramos como los participantes a todas las bases de datos que se buscó para la investigación nacional e internacional. La extracción de información lo realizamos por medio de repositorios de distintos países, investigaciones científicas, artículos, revistas, Google académico, scielo, Dart Europe, Pubmed y ScienceDirect.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica es de análisis de datos de distintas investigaciones documentadas (observación indirecta).

El instrumento que se usó es la ficha de recolección de datos. **ANEXO 02.** Los instrumentos se usaron en diferentes páginas científicas con artículos relacionados al tema de investigación.

3.6. Procedimientos

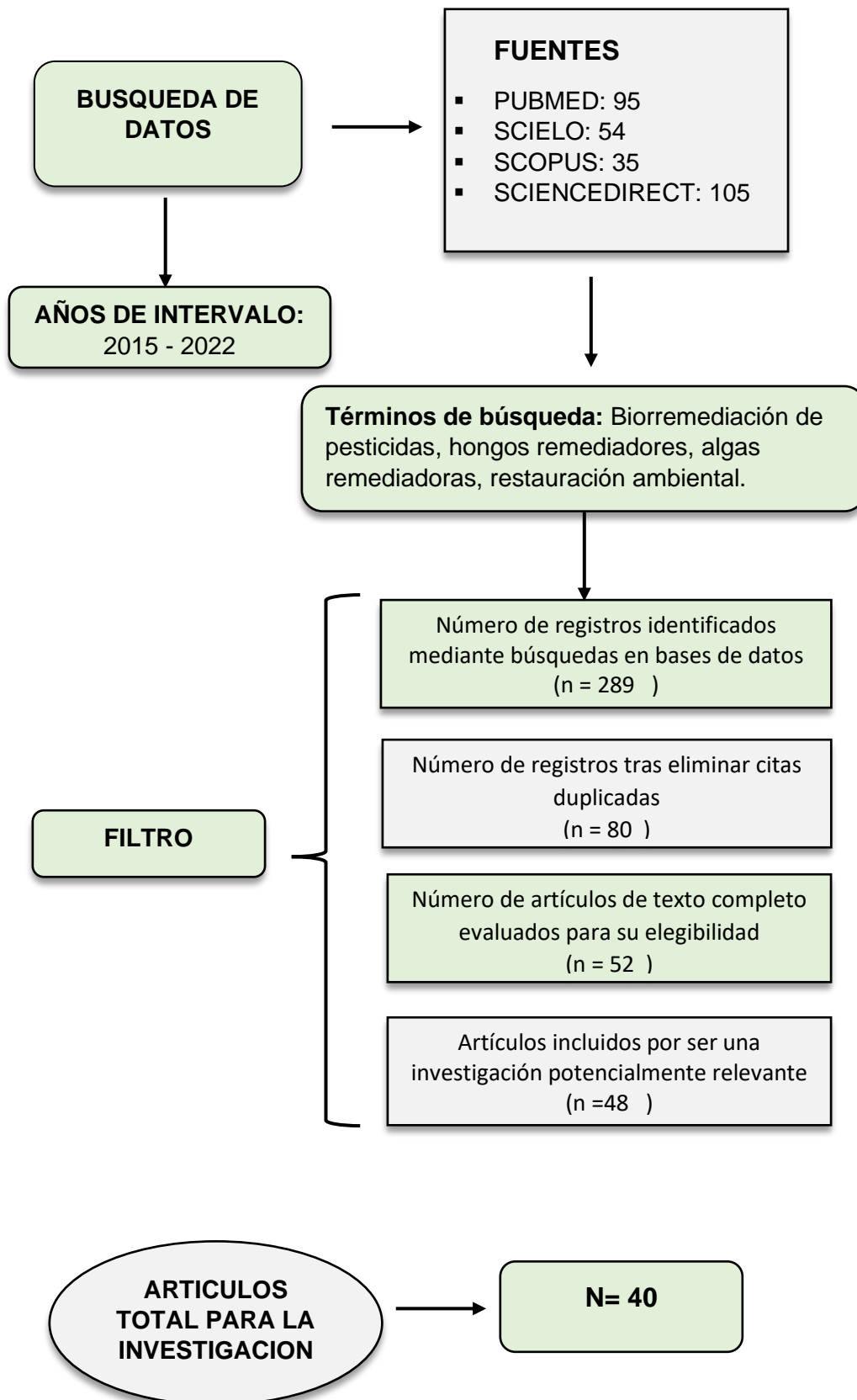
El procedimiento toma como criterio toda investigación que tenga que ver con la biorremediación de hongos y bacterias en áreas contaminadas por pesticidas, estudiando las investigaciones de distintos lugares. Teniendo en cuenta que solo se incluirán dentro de la investigación publicaciones que tienen como máximo 7 años de antigüedad.

Figura 3. Procedimiento de revisión sistémica



FUENTE: *Boada (2022)*

Figura 4. Procedimiento de selección de artículos.



3.7. Rigor científico

Para realizar el rigor científico nos basamos en distintos tipos de investigaciones y la coherencia de ellas. Realizamos el proceso con 4 aspectos:

Credibilidad o validez: ya que tenemos información de fuentes que son de confianza de páginas que son únicamente de publicaciones científicas con autorizaciones legales del autor. Aplicabilidad o transferibilidad: transferir los resultados al igual que las conclusiones con la finalidad de lograr un mejor conocimiento de distintas investigaciones usando la recolección de dato. Confirmación o fiabilidad: toda investigación tiene que tener ser verídica, no alterar los resultados, todo al criterio del autor. Consistencia o dependencia: la investigación es fiable, con criterios necesarios para que se pueda identificar la información mediante los análisis de datos recolectados (Domínguez y Rodríguez, 2013).

3.8. Método de análisis de la Información

Al ser una investigación descriptiva, nos basamos en el método de análisis de datos mediante el uso de fichas para la recolección de información. Para poder sistematizar todas las informaciones se utilizaron los programas de Microsoft Word y Microsoft Excel. Con esos programas pudimos manejar mejor las informaciones encontradas respecto a la investigación de los efectos ambientales del uso de pesticidas en los cultivos y su correlación con el incremento de leucemia.

3.9. Aspectos éticos

Se realizan con la finalidad de evitar conflictos éticos de investigación, ya sea problemas con falsificaciones o distintos plagios, dejando así, lado la autoría (Manjarres, 2013).

Los aspectos éticos de la investigación esta daba bajo los reglamentos de la universidad Cesar Vallejo con la Resolución rectoral N°0216-2020/UCV, con el documento de elaboración de la

investigación con Resolución vicerrectoral N° 011-2020, citado la investigación mediante APA séptima edición.

La búsqueda de la información para la investigación, son de plataformas confiables y legales, garantizan su originalidad de la propiedad intelectual. Mediante el Turnitin se evaluó que la presente investigación no tiene plagio documentario.

IV. RESULTADO Y DISCUSIÓN

La cantidad de bacterias y hongos biorremediadores es amplia, pero encontramos aquellos que tienen más frecuencia en su uso por su efectividad en remediar áreas contaminadas con pesticidas. La mayoría de pesticidas al tener dentro de su composición al carbono, las bacterias y los hongos lo descomponen ya que es una fuente principal para su crecimiento. Presentando en la **tabla 4** como las bacterias pueden ser capaces de degradar distintos pesticidas.

Tabla 4. Biorremediación de pesticidas con bacterias

| TIPOS DE BACTERIAS | TIPOS DE PESTICIDAS | QUIMICA DEL PESTICIDA | CONDICIONES DE INCUBACIÓN | TIEMPO | EFICACIA (%) | AUTOR |
|---|----------------------------|--|----------------------------------|---------------|---------------------|----------------------------|
| <i>Acinetobacter sp</i> | fungicida | ciprodinilo | ➤ T= 28C° ➤ pH= 7.4 | 14 días | 99.0% | Chen et al., (2018) |
| <i>Bacillus sp.</i> | fungicida | triazol | - | 15 a 20 días | 85% | VP Salunkh et al., (2015) |
| <i>Paenibacillus polymyxa</i> | fungicida | fluazinam | ➤ T= 28C° ➤ pH= 7.2 | 7 días | 94.77% | Zhang et al., (2019) |
| <i>Pseudomonas fluorescens</i> | fungicida | Epoxiconazol | ➤ T= 28C° ➤ pH= 7.2 | 28 días | 50% | Alexandrino et al., (2021) |
| <i>Novosphingobium</i> , cepa DY4 | herbicida | ácido 2,4- diclorofenoxiacético – 2,4D | ➤ T= 26C° a 28°C ➤ pH=7.1 | 3 a 7 días | 50% al 95% | Y Da et al., (2015) |
| <i>Achromobacter xylooxidans</i> <i>Pseudomonas aeruginosa</i> <i>Bacillus</i> <i>Citrobacter koseri</i> | insecticida | Profenofos (PFF) | ➤ T= 35C° ➤ pH= 6.83 | 10 días | 93.39% | Jabbeen et al., (2015) |
| <i>Acinetobacter</i> | insecticida | diazinón | ➤ T= 28C° ➤ pH= 7.4 | 20 días | 88.27% | F Amani et al., (2018) |
| <i>Acinetobacter sp</i> | insecticida | piretroides de tipo II - cipermetrina | ➤ T= 20C° a 25°C | 30 días | 70% a 74% | Z Jin et al., (2015) |
| <i>Acinetobacter sp.</i> – -33F | insecticida | profenofos | ➤ T= 25C | 4 días | 38.26% | Kumar et al., (2021) |

| | | | | | | |
|--|-------------|---------------------------|--|--|--------------------|-----------------------------|
| <i>Bacillus cereus</i> | insecticida | Diclorvos | <ul style="list-style-type: none"> ➤ T= 28C° ➤ a 37°C ➤ pH= 7.0 | 8 días | 58.8% a 96.42% | B Jiang et al., (2019) |
| <i>Bacillus sp.</i> | insecticida | clorpirifos | <ul style="list-style-type: none"> ➤ T= 25C | 7 días | 68.81% | Silambarasan et al., (2022) |
| <i>Kocuria rhizophila,</i> | Insecticida | Hexaclorohexano – lindano | <ul style="list-style-type: none"> ➤ T= 20C° ➤ a 25°C | 45 días | 0 %, 41 % y 33 % | PC Abhilash et al., (2015) |
| <i>Paenibacillus dendritiformis</i> <i>SJPS-4</i> | Insecticida | Hexaclorohexano – lindano | <ul style="list-style-type: none"> ➤ T= 30C° ➤ pH= 7.9 (alcalino) | 5 a 9 días. | 80.72% | S Jaiswal et al., (2022) |
| <i>Paenibacillus polymyxa</i> | insecticida | BHC | <ul style="list-style-type: none"> ➤ T= 28C° ➤ pH= 7.2 | 7 días | 70.34% | Zhang et al., (2019) |
| <i>Pseudaminobacter sp. y Nocardioide</i> <i>ssp</i> | insecticida | Metilcarbamato - propoxur | <ul style="list-style-type: none"> ➤ T= 25C° ➤ a 28°C | 25 días | 98% al 100% | H Kim et al., (2017) |
| <i>Pseudomonas sp.</i> | Insecticida | forato | <ul style="list-style-type: none"> ➤ T= 24C° ➤ pH= 7.1 | 15 días | 94,66 % 95,62 % | Jariyal et al., (2019) |
| <i>Pseudomonas Klebsiella Bacillus</i> | insecticida | Clorpirifos metilo | <ul style="list-style-type: none"> ➤ T= 20C° ➤ a 25°C | - 10 días - 6 días + biosurfactante | - 82% - 30% | P Singh et al., (2016) |
| <i>Pseudomonas nitroreducens – AR-3</i> | insecticida | clorpirifos | <ul style="list-style-type: none"> ➤ T= 37°C | 8 horas | 97% | F Amani et al., (2018) |
| <i>Pseudomonas sp.</i> | insecticida | endosulfán | <ul style="list-style-type: none"> ➤ T= 28°C ➤ pH=7.1 | 5 días | 70% a 80% | H Zaffar et al., (2018) |
| <i>Pseudomonas sp. S2</i> | insecticida | Monocrotofos | <ul style="list-style-type: none"> ➤ T= 70C° ➤ a 80°C ➤ pH= 9.0 | 20 días | 75,45 % | PS Chauhan y Jha (2017) |

| | | | | | | |
|-------------------------------------|-------------|-----------------------------------|--|---------|------------|----------------------------------|
| <i>Pseudomonas stutzeri</i> | insecticida | Diclorodifeniltricloroetano - DDT | <ul style="list-style-type: none"> ➤ T= 37C° ➤ a 45°C ➤ pH= 7.3 | 7 días | 67.95% | P Powthong et al., (2016) |
| <i>Rhizobium sp.</i> | insecticida | imidacloprid | <ul style="list-style-type: none"> ➤ T= 28°C ➤ pH= 5.8 al 6.8 | 25 días | 25 % a 48% | N Sabourmoghaddam et al., (2015) |
| <i>Sphingomonas sp. tensión HJY</i> | insecticida | clorpirifos | - | 6 días | 78.6% | F Feng et al., (2017) |
| <i>Stenotrophomonas sp</i> | insecticida | fentión | <ul style="list-style-type: none"> ➤ T= 28C° ➤ pH= 7.1 | 1 día | 37,8 % | Deng et al., (2015) |
| <i>Stenotrophomonas sp . PF32</i> | insecticida | triazofos | <ul style="list-style-type: none"> ➤ T= 37C° ➤ pH= 7.0 | 2 días | 97% | Deng et al., (2015) |

Las bacterias cumplen una función en el ecosistema ya que dan la estabilidad necesaria a nuestro medio. De acuerdo a la tabla 4 se observa como las bacterias degradan con una eficacia los pesticidas.

Abhilash et al., (2015) uso la bacteria *Kocuria rhizophila* para la remediación de hexaclorohexano (insecticida) dándole una eficiencia de 41% a 31% de remediación en 45 días, a diferencia de Jaiswal et al., (2022) que aplica la bacteria *Paenibacillus dendritiformis* le da un resultado de remediación de 80.72% de 5 a 9 días, siendo la bacteria *Paenibacillus dendritiformis* más eficiente en la remediación de hexaclorohexano. Ambos tienen como objetivo remediar el hexaclorohexano, pero la bacteria más adecuada para este fin es la *Paenibacillus dendritiformis*.

Al tener distintos tipos de bacterias *Pseudomonas* siempre es necesario cual de todas es más efectiva. Singh et al., (2016) aplica la *Pseudomonas Klebsiella Bacillus* en Clorpirifos metilo (insecticida) dando un resultado de 82% de remediación en 10 días siendo una diferencia con la *Pseudomonas stutzeri* aplicada por Powthong et al., (2016) en el insecticida Diclorodifeniltricloroetano (DDT) con un tiempo de incubación de 7 días dio como resultado una efectividad de 67.95%. En este caso la variación es por la composición química del insecticida y características de la pseudomona. Pero la *Pseudomonas stutzeri* dio como resultado la remediación en un buen porcentaje y en pocos días. Chauhan y Jha (2017) La *Pseudomonas sp.* aplicada en monocrotofos (insecticida) el porcentaje de remediación es elevada al igual que el tiempo dando esta como resultado 75.5% en 20 días, en el caso de Zaffar et al., (2018) también aplica la *Pseudomonas sp* en una química diferente del insecticida, el endosulfán donde la remediación tiene más efectividad, ya que da como resultado 70% a 80% en tan solo 5 días. Podemos observar distintos tipos de *Pseudomonas*, pero la finalidad de degradar los insecticidas es efectivamente alta.

Evaluando la efectividad alta de las bacterias remediadoras usados en distintos tipos de pesticidas podemos decir que Kim et al., (2017) aplica la *Pseudaminobacter sp.* y *Nocardioides sp* en el Metilcarbamato teniendo una remediación de 98% a 100% siendo altamente efectiva, Jiang et al., (2019) aplica la bacteria *Bacillus cereus* en el insecticida Diclorvos a una efectividad de 96.42% de remediación, manteniendo la efectividad alta. Salunkh et al., (2015), Da et al.,

(2015) y Amani et al., (2018) usaron las siguientes bacterias: *Acinetobacter*, *Novosphingobium* y *Bacillus* sp. que tienen una eficiencia alta desde un 85% hasta un 95%.

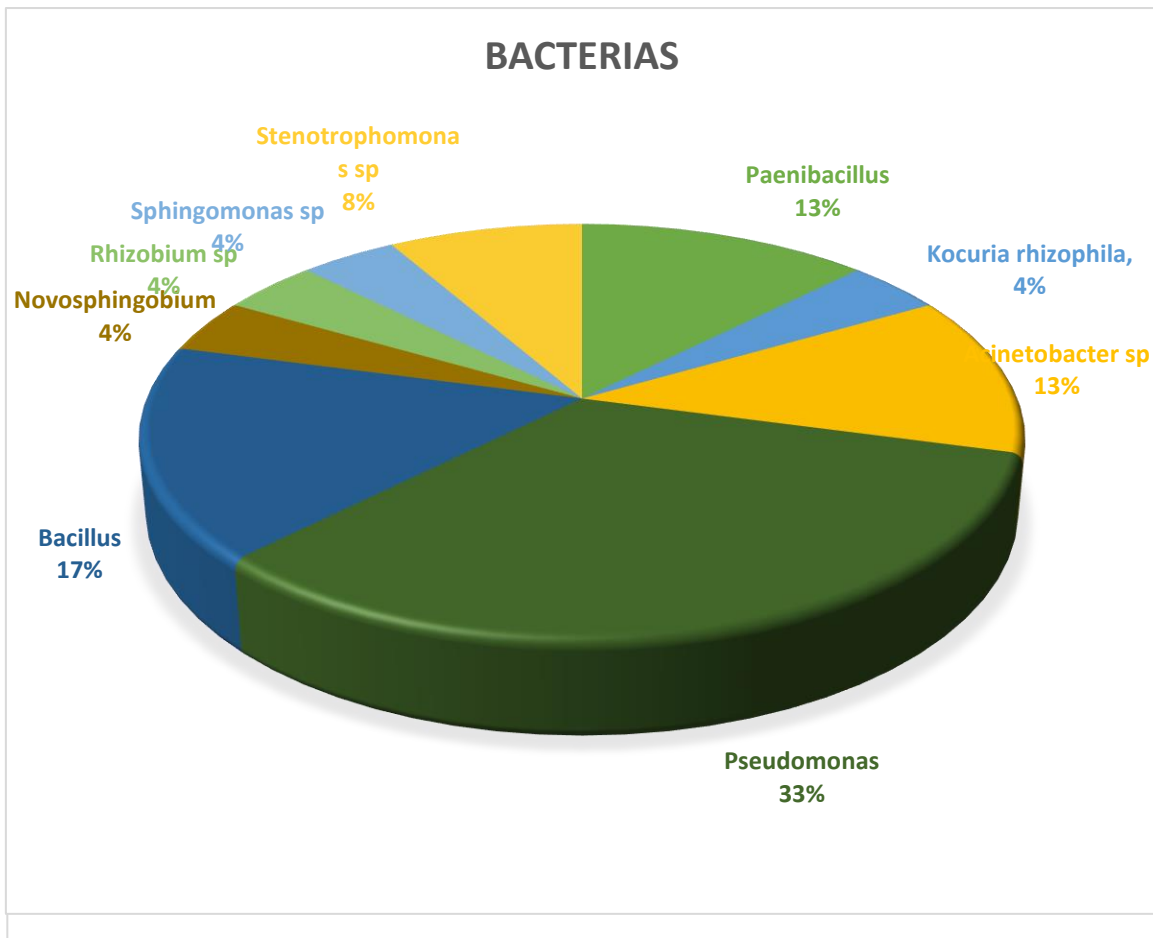
Jabbeen et al., (2015) presenta un consorcio mixto de bacterias: *Achromobacter xylosoxidans* *Pseudomonas aeruginosa* *Bacillus Citrobacter koseri* mostro una eficiencia de 93.39% en 10 días, donde trabajar con variedad de bacterias nos dio una efectividad alta. Jariyal et al., (2019) trabajo con *Pseudomonas* sp para poder eliminar el forato (insecticida) eliminó en 15 días un 94,66%. Sin duda varía mucho los factores y la relación que se tendrá con un consorcio de bacterias.

Aswathi et al., (2019) y Feng et al., (2017) tuvieron como resultados la degradación del insecticida clorpirifos usando bacterias diferentes, donde se observa la variación de degradación, usando la bacteria *Pseudomonas nitroreducens*, como resultado de una degradación del 97% en tan solo 8 horas, con una gran diferencia de la bacteria *Sphingomonas* sp. que en 6 días tuvo una eficiencia de 78.6%. Podemos entender que, a pesar de tener la misma formulación química del pesticida, las funciones de cada bacteria varían de acuerdo a su metabolismo. Por ende, los resultados no serán iguales.

Deng et al., (2015) con la bacteria *Stenotrophomonas* sp tuvo como resultado del estudio de degradación de los insecticidas: fetión que en 2 días la bacteria puede degradar un 31.8%, a diferencia del triazofos que en 2 días su degradación llega a 97%. Observando que a pesar que es la misma bacteria degradando a los insecticidas, su composición química hará que varíen los resultados de degradación.

Mostraremos que bacteria que es más eficiente para degradar el insecticida clorpirifos Feng et al., (2017) aplico la bacteria *Sphingomonas* sp con un resultado que en 6 días muestra su efectividad de 78.6%, Aswathi et al., (2019) aplico la bacteria *Pseudomonas nitroreducens* que da como resultado en 8 horas con 97% de degradación y Silambarasan et al., (2022) aplico el *Bacillus* sp con resultado de degradación de un 68.81% en 7 días. Dando como mejor resultado de degradación del insecticida clorpirifos a la bacteria *Pseudomonas nitroreducens*.

Figura 5. Bacterias más usadas para la biorremediación de pesticidas.



En el cuadro observamos que en los 25 artículos sistematizados relacionados a bacterias que degradan los pesticidas; se obtuvo como resultado que la bacteria más usada es la *pseudomona sp.* con un 33% del total de artículos encontrados seguida la bacteria *bacillus sp.* con un 17%, *cinetobacter sp.* y *paenibacilus sp* con un 13%. Después tenemos las bacterias que son menos usadas en la degradación de pesticidas, pero son importantes dentro del grupo de biorremediadores, *stenotrophomonas sp* con un 8% y *novosphingobium sp*, *rhizobium sp.* y *sphingomonas sp*, con un 4%.

Tabla 5. Biorremediación de pesticidas con hongos

| TIPOS DE HONGOS | TIPOS DE PESTICIDAS | QUIMICA DEL PESTICIDA | CONDICIONES | TIEMPO | EFICACIA (%) | AUTOR |
|-------------------------------|---------------------|-----------------------|-------------------------------|---------|--------------|-------------------------|
| <i>Trametes versicolor</i> | fungicida | 3,5-dicloroanilina | ➤ T= 25C° a 30C° ➤ pH= 6.5 | 1 día | 99,88 % | A Sarker et al., (2020) |
| <i>C. cladosporioides</i> | herbicida | anilina | ➤ T= 25C° ➤ pH= 7.0 | 15 días | 82% | Akimi et al (2022) |
| <i>Trametes versicolor</i> | herbicida | bentazón | ➤ T= 25C° ➤ pH= 4.5 | 27 días | 23 % | Beltran et al., (2021) |
| <i>Trametes versicolor</i> | herbicida | diurón | ➤ T= 25C° ➤ pH= 4.5 | 7 días | 83% | Torán et al., (2020) |
| <i>Aspergillus niveus</i> | insecticida | p -anisidina | ➤ T= 25C° ➤ pH= 6.0 | 15 días | 75% | Rodrigues et al. (2022) |
| <i>B antennata</i> | insecticida | diazinón | ➤ T= 25C° ➤ pH= 6.5 | 10 días | 83.88% | Mostafa et al., (2022) |
| <i>P. ostreatusen</i> | insecticida | aldrín | ➤ T= 25C° ➤ pH= 6.0 | 14 días | 18% | Purmono et al., (2017) |
| <i>Penicillium miczynskii</i> | insecticida | dieldrín | ➤ T= 25C° ➤ pH= 6.5 | 4 días | 70% | Birolli et al., (2015) |

| | | | | | | |
|--|-------------|------------------------------|------------------------|----------|------------|---------------------------|
| <i>Phanerochaete chrysosporium</i> | insecticida | neonicotinoide tiametoxam | ➤ T= 37C° ➤ pH= 7.8 | 28 días | 98% | Chen et al., (2021) |
| <i>Phanerochaete chrysosporium</i> | insecticida | acetamiprid | ➤ T= 37C° ➤ pH= 7.8 | 20 días | 21% al 51% | Wang et al., (2019) |
| <i>Phanerochaete sordida</i> | insecticida | clotianidina | ➤ T= 30C° ➤ pH= 6.5 | 20 días | 37% | Mori et al., (2017) |
| <i>Pleurotus ostreatus y Trametes versicolor</i> | insecticida | xenobioticos | ➤ T= 20C° ➤ pH= 6.9 | 15 días | 69% | Iñigo et al., (2019) |
| <i>Sclerotium cepivorum</i> | insecticida | aldicarb | - | 14 días | 47% | Hai et al., (2015) |
| <i>Trichoderma. viride</i> | insecticida | diazinon | ➤ T= 25C° ➤ pH= 6.5 | 10 días | 80.26% | Mostafa et al., (2022) |
| <i>Tricholoma giganteum</i> | Insecticida | profenofos | ➤ T= 20C° ➤ pH= 6.9 | 15 horas | 87% | Mali et al., (2022) |

El uso de hongos en la remediación de áreas contaminadas por pesticidas también muestra su efectividad, y la variación de resultados depende mucho de las condiciones en cómo se efectúan los procesos. Sarker et al., (2020) aplica en su proceso de remediación del fungicida 3,5-dicloroanilina con *Trametes versicolor*, siendo este uno de los hongos con mayor remoción de insecticida dando un 99.88% en tan solo un día. En el caso de Mostafa et al., (2022) utiliza el *B. antennata* en la remediación del diazinón, al ser este un insecticida varío su composición química haciendo que el hongo actué de una manera distinta, ya que en este estudio se efectúa en 10 días, siendo mayor al anterior y con una efectividad del 83.88%. La variación de resultados depende mucho de diferentes factores.

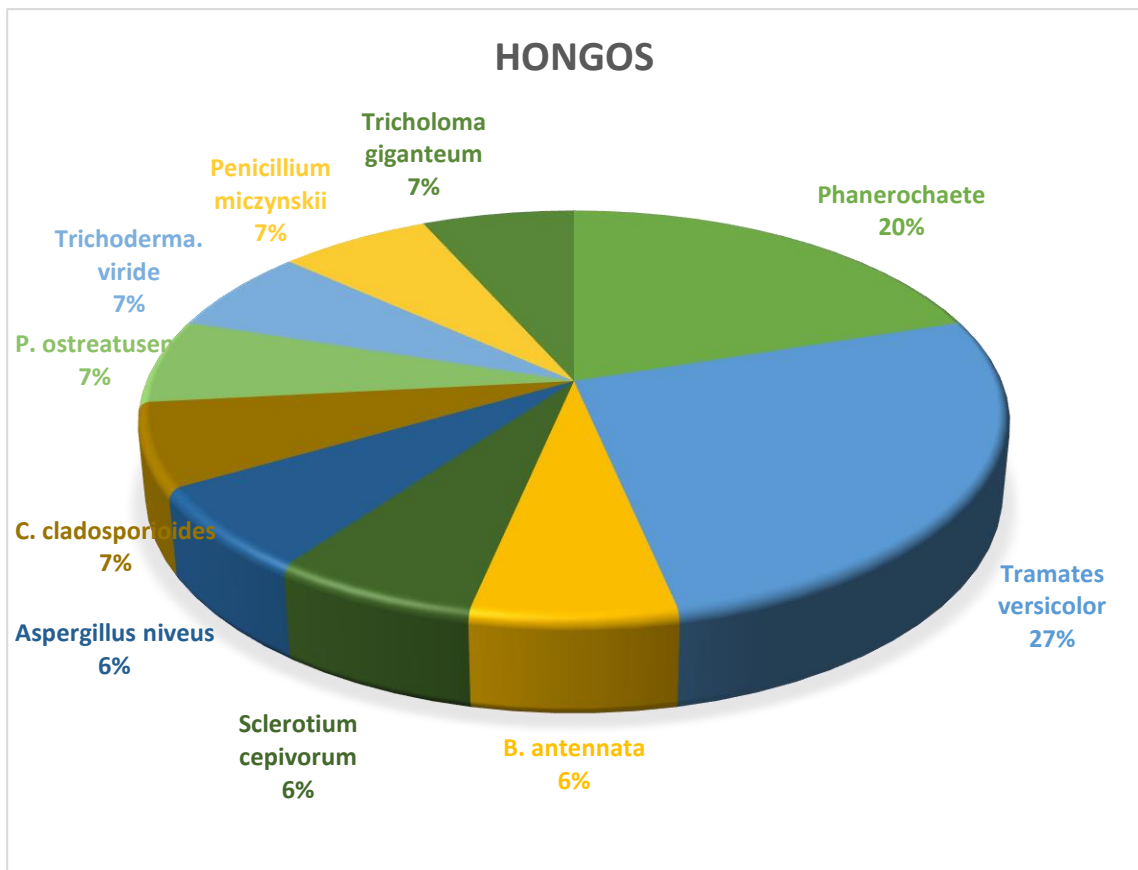
Al usar *Sclerotium cepivorum*, *Aspergillus niveus* y *C. cladosporioides* por Hai et al., (2015), Rodrigues et al. (2022) y Akimi et al (2022), se consigue una variación en la remoción de estos pesticidas a pesar que la variación de días es mínimo, al aplicar *Sclerotium cepivorum* en aldicarb en solo 14 días se obtiene un resultado de 47% a diferencia del *Aspergillus niveus* y *C. cladosporioides* que en 15 días hay una remoción de p-anisidina y anilina con un resultado de 75% y 82%.

Mori et al. (2017) usó en su investigación a *Phanerochaete sórdida* en un insecticida (clotianidina) obteniendo como resultado una efectividad de remoción baja de 37% en 20 días, a diferencia del hongo que uso Sarker et al., (2020) que da como resultado una remoción del 3,5-dicloroanilina con *Trametes versicolor* en un 99.8% en un día.

Wang et al., (2019) y Wang et al., (2019) probaron la efectividad del hongo *Phanerochaete chrysosporium* en degradación de insecticida con químicas diferentes, el primero lo uso en neonicotinoide tiametoxam en 28 días dio como resultado un 98% a diferencia del segundo que fue la cetamiprid que en 20 días dio como resultado un 51% de efectividad. Donde la química del insecticida influye en el porcentaje de efectividad a pesar de ser el mismo tipo de hongo.

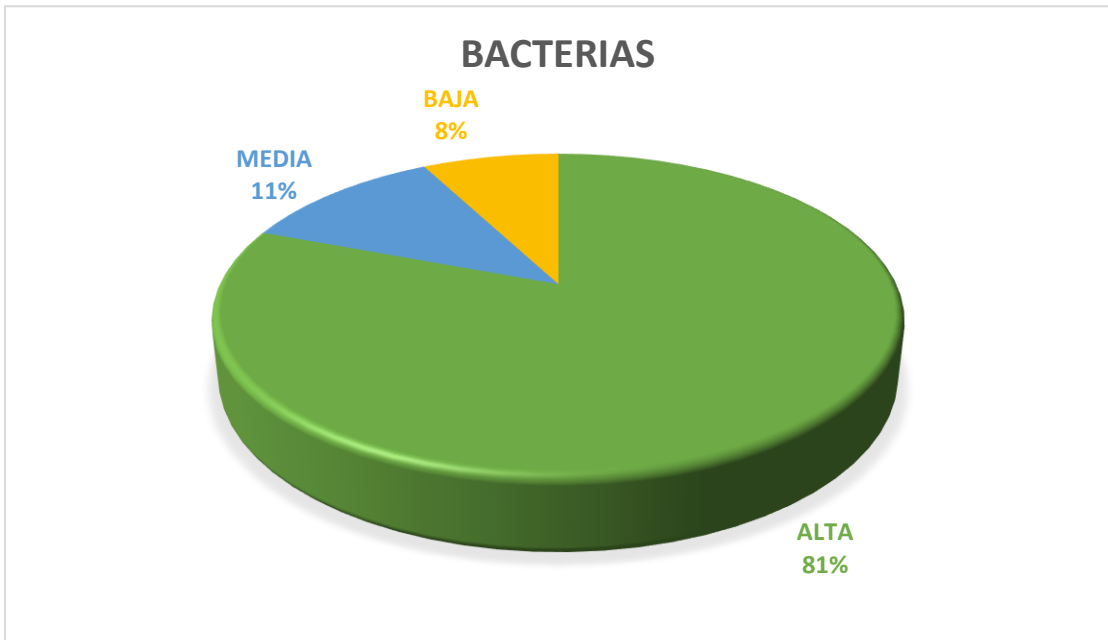
Para poder eliminar el diazinon se usó Torán et al., (2020) el hongo *Trichoderma viride* y Mostafa et al., (2022) uso *B antennata* donde se obtuvo un resultado de 80% y 83% de efectividad.

Figura 6. Hongos más usados para la biorremediación de pesticidas

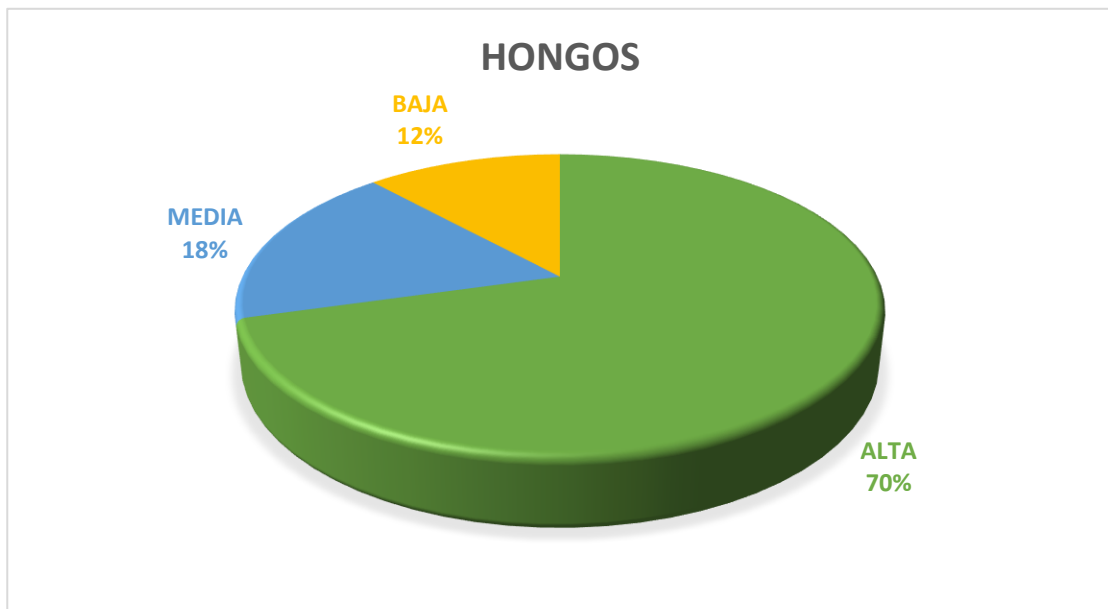


En el diseño estadístico muestra que hongos se usan con más frecuencia para poder degradar los pesticidas dentro de los 15 artículos sistematizados. Tenemos al hongo *Trametes versicolor* con un 27 %, el *Phanerochaete* con un 20%, y con un 7% tenemos: *Tricholoma giganteum*, *Penicillium miczynskii*, *Trichoderma viride*, *P. ostreatusea* y *C. cladosporioides*. Con un 6% están: *Aspergillus niveus*, *Sclerotium cepivorum* y *B. antennata*.

Figura 7. Efectividad de la biorremediación de hongos y bacterias



En el caso de las bacterias obtenemos una efectividad de degradación de los pesticidas con los siguientes datos: efectividad alta con 81%, la efectividad media con 11% y la efectividad baja con un 8%. Dando a entender que las investigaciones realizadas para la degradación de pesticidas con bacterias nos dan una efectividad alta.



En el caso de los hongos se obtuvo una efectividad de degradación de los pesticidas con los siguientes datos: efectividad alta con 70%, la efectividad media con 18% y la efectividad baja con un 12%. Dando a entender que las

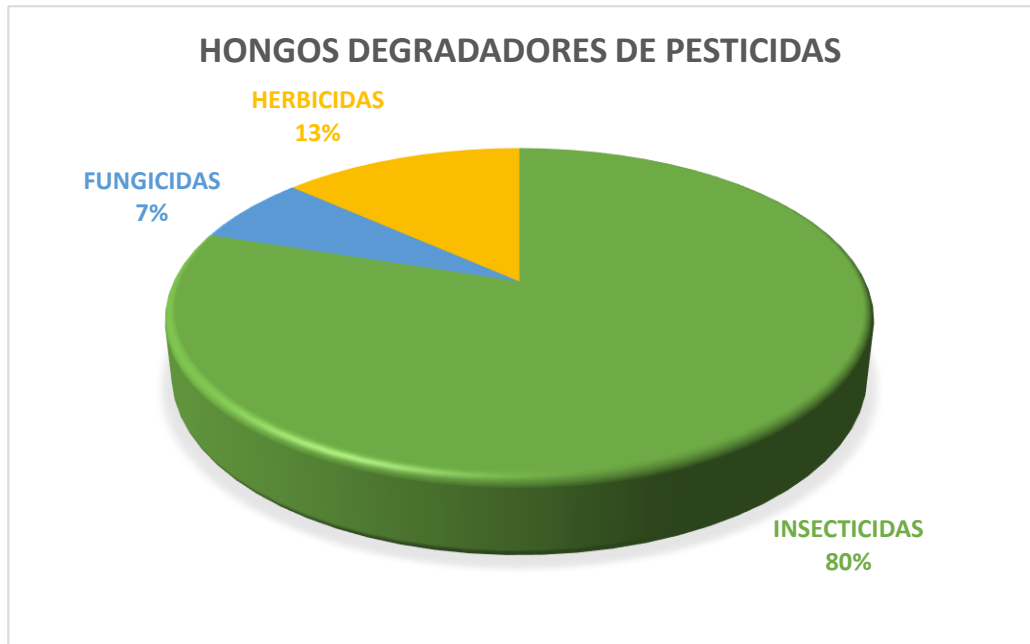
investigaciones realizadas para la degradación de pesticidas con hongos son efectivas.

La efectividad de la biorremediación varía de acuerdo a distintos factores ambientales, a las condiciones en que se encuentran las bacterias y los hongos, muchos de ellos sufren alteraciones de al ser llevados a otros lugares en donde se tenga que realizar la remediación. La **figura 8** nos muestra como la efectividad de trabajar con bacterias y hongos nos da como resultado una alta efectividad para remediar áreas contaminadas con pesticidas.

Figura 8. Degradación de pesticidas con bacterias y hongos



Al sistematizar los artículos encontramos que las bacterias degradan este tipo de pesticidas: 77% los Insecticidas: Hexaclorohexano – lindano, piretroides, Metilcarbamato, Clorpirifos metilo, Diclorvos, Monocrotofos, DDT, diazinón, endosulfán, imidacloprid, BHC, profenofos, fentión, triazofo, forato,(PFF), con un 13% los fungicida: triazol, Epoxiconazo, fluazinam, ciprodinilo 10% los Hherbicidas: ácido 2,4-diclorofenoxiacético – 2,4D. Los insecticidas son en su mayoría más estudiados por la demanda del producto.



Al sistematizar los artículos encontramos que las bacterias degradan este tipo de pesticidas: 80% de insecticidas: clotianidina, diazinón, aldicarb, p -anisidina, aldrín, neonicotinoide, tiametoxam, acetamiprid, xenobióticos, dieldrín, profenofos. El 30% son herbicidas: anilina, bentazón, diurón y solo el 7% fungicidas: 3,5-dicloroanilina.

V. CONCLUSIONES

Los tipos de bacterias más usadas en la biorremediación de suelos contaminados con pesticidas fueron 33% *pseudomona sp.*, 17% *bacillus sp.*, 13% *cinetobacter sp.* y *paenibacillus sp.*, 8% *stenotrophomonas sp.* y 4% *novosphingobium sp.*, *rhizobium sp.* y *sphingomonas sp.* En el caso de los hongos más usados en la biorremediación fueron 27% *Trametes versicolor*, 20% *Phanerochaete*, 7%: *Tricholoma giganteum*, *Penicillium micznskii*, *Trichoderma viride*, *P. ostreatusena*, *C. cladosporioides*, y con un 6%: *Aspergillus niveus*, *Sclerotium cepivorum* y *B. antennata*.

Los tipos de pesticidas degradados por bacterias fueron 77% los Insecticidas: Hexaclorohexano – lindano, piretroides, Metilcarbamato, Clorpirifos metilo, Diclorvos, Monocrotofos, DDT, diazinón, endosulfán, imidacloprid, clorpirifos, BHC, profenofos, fentiión, triazofos, (PFF), 13% los Fungicidas: triazol, Epoxiconazo, fluazinam, ciprodinilo y 10% los Herbicidas: ácido 2,4-diclorofenoxiacético – 2,4D. Los tipos de pesticidas degradados por hongos fueron 80% de Insecticidas: clotianidina, diazinón, aldicarb, p -anisidina, aldrín, neonicotinoide, tiametoxam, acetamiprid, xenobióticos, dieldrín, profenofos, 30% Herbicidas: anilina, bentazón, diurón y solo el 7% Fungicidas: 3,5-dicloroanilina.

En el caso de las bacterias obtenemos una efectividad de degradación de los pesticidas se obtuvo una efectividad alta con 81%, efectividad media con 11% y efectividad baja con un 8%. En el caso de los hongos se obtuvo una efectividad alta con 70%, la efectividad media con 18% y la efectividad baja con un 12%.

VI. RECOMENDACIONES

Realizar más estudios sobre distintas bacterias y hongos que descomponen los contaminantes producidos por los pesticidas, para poder mitigar el impacto que generan los pesticidas en nuestro medio ambiente.

Realizar mayores trabajos biorremediación en campo para poder analizar de manera más detallada como actúan estos microorganismos fuera de los laboratorios.

Realizar una adecuada evaluación de los mecanismos de degradación de los pesticidas para poder aplicar de manera adecuada los hongos y bacterias en la degradación de suelos contaminados con pesticidas.

REFERENCIAS

- Abhilash, P. C., Srivastava, S., & Singh, N. (2015). Comparative bioremediation potential of four rhizospheric microbial species against lindane. *Chemosphere*, 82(1), 56-63.
- Alexandrino, D. A., Mucha, A. P., Tomasino, M. P., Almeida, C. M. R., & Carvalho, M. F. (2021). Combining Culture-Dependent and Independent Approaches for the Optimization of Epoxiconazole and Fludioxonil-Degrading Bacterial Consortia. *Microorganisms*, 9(10), 2109.
- Alvarenga, N., Birolli, WG, Seleglim, MH y Porto, AL (2014). Biodegradación de metil paratión por células enteras de hongos marinos *Aspergillus sydowii* y *Penicillium decaturense*. *Chemosphere* , 117 , 47-52.
- Alza Camacho, William Roberto, García Colmenares, José Mauricio, & Chaparro Acuña, Sandra Patricia. (2016). Estimación del riesgo de contaminación de fuentes hídricas de pesticidas (Mancozeb y Carbofuran) en Ventaquemada, Boyacá - Colombia. *Acta Agronómica* , 65 (4), 368-374.
- Amani, F., Safari Sinegani, AA, Ebrahimi, F. y Nazarian, S. (2018). Biodegradación de organofosforados de clorpirifos y diazinón por dos bacterias aisladas de suelos agrícolas contaminados. *Biological Journal of Microorganism* , 7 (28), 27-39.
- Aswathi, A., Pandey, A., & Sukumaran, R. K. (2019). Rapid degradation of the organophosphate pesticide–Chlorpyrifos by a novel strain of *Pseudomonas nitroreducens* AR-3. *Bioresource technology*, 292, 122025.
- Beltrán-Flores, E., Sarrà, M., & Blánquez, P. (2021). Pesticide bioremediation by *Trametes versicolor*: Application in a fixed-bed reactor, sorption contribution and bioregeneration. *Science of The Total Environment*, 794, 148386.
- Benites Huapaya, L. S., & Torres Uzuriaga, T. A. (2021). Bacterias con capacidad degradadora de piretroides en sistemas acuáticos: Revisión sistemática.

- Benito, O. J. M. (2019). El asesor de tesis como Coach: una alternativa para impulsar la producción científica estudiantil. *Revista Cubana de Educación Médica Superior*, 33(1), 1-13.
- Birolli, W. G., Yamamoto, K. Y., de Oliveira, J. R., Nitschke, M., Selegim, M. H., & Porto, A. L. (2015). Biotransformation of dieldrin by the marine fungus *Penicillium miczynskii* CBMAI 930. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 4(1), 39-43.
- Campos, M. A. R. (2018). El uso de pesticidas en la agricultura y su desorden ambiental. *Revista Enfermería la Vanguardia*, 6(2), 40-4
- Campos-Vargas, E., Calvo-Romero, K., & Montero-Campos, V. (2016). Degradación de bromacil mediante la cepa IT-01 de *Penicillium* spp. y su aplicación en un biofiltro a escala laboratorio. *Revista Tecnología en Marcha*, 29(4), 47-56
- Chauhan, PS y Jha, B. (2018). Producción a escala piloto de lacasa termoestable estable extracelular de *Pseudomonas* sp. S2 utilizando residuos agrícolas y su aplicación en la degradación de plaguicidas organofosforados. *Revista de tecnología química y biotecnología*, 93 (4), 1022-1030.
- Chen, A., Li, W., Zhang, X., Shang, C., Luo, S., Cao, R., & Jin, D. (2021). Biodegradation and detoxification of neonicotinoid insecticide thiamethoxam by white-rot fungus *Phanerochaete chrysosporium*. *Journal of Hazardous Materials*, 417, 126017.
- Cui, Y., Ke, R., Gao, W., Tian, F., Wang, Y., & Jiang, G. (2020). Analysis of organochlorine pesticide residues in various vegetable oils collected in Chinese markets. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68(49), 14594-14602.
- Cycoń, M., Mroziak, A., & Piotrowska-Seget, Z. (2017). Bioaugmentation as a strategy for the remediation of pesticide-polluted soil: A review. *Chemosphere*, 172, 52-71.

- Dai, Y., Li, N., Zhao, Q. y Xie, S. (2015). Biorremediación utilizando la cepa DY4 de *Novosphingobium* para suelo contaminado con ácido 2, 4-diclorofenoxiacético e impacto en la estructura de la comunidad microbiana. *Biodegradación*, 26 (2), 161-170.
- Delgadillo-López, A. E., González-Ramírez, C. A., Prieto-García, F., Villagómez-Ibarra, J. R., & Acevedo-Sandoval, O. (2011). Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminación. *Tropical and subtropical agroecosystems*, 14(2), 597-612.
- Deng, S., Chen, Y., Wang, D., Shi, T., Wu, X., Ma, X., ... & Li, Q. X. (2015). Rapid biodegradation of organophosphorus pesticides by *Stenotrophomonas* sp. G1. *Journal of hazardous materials*, 297, 17-24.
- Ecologistas en acción (junio 01, 2018) Ríos plagados de pesticidas <https://www.ecologistasenaccion.org/100458/rios-plagados-de-pesticidas/>
- Fang, H., Zhou, W., Cao, Z., Tang, F., Wang, D., Liu, K., ... & Yu, Y. (2015). Remediación combinada de congéneres de DDT y cadmio en suelo por *Sphingobacterium* sp. D-6 y *Sedum alfredii* Hance. *Revista de Ciencias Ambientales*, 24 (6), 1036-1046.
- FAO. La contaminación del suelo una realidad oculta. ORGANIZACIÓN DE LA NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA – “Alianza mundial por el suelo”. [en línea]. 2019. Disponible en: <https://www.fao.org/3/I9183ES/i9183es.pdf>
- Feng, F., Ge, J., Li, Y., Cheng, J., Zhong, J. y Yu, X. (2017). Aislamiento, colonización y mediación de la degradación de clorpirifos de la bacteria endofítica *Sphingomonas* cepa HJY en cebollino chino (*Allium tuberosum*). *Revista de química agrícola y alimentaria*, 65 (6), 1131-1138.
- Feng, F., Ge, J., Li, Y., Cheng, J., Zhong, J., & Yu, X. (2017). Isolation, colonization, and chlorpyrifos degradation mediation of the endophytic bacterium *Sphingomonas* strain HJY in Chinese Chives (*Allium tuberosum*). *Journal of agricultural and food chemistry*, 65(6), 1131-1138.

- Figuroa Beltrán, R. I. (2019). Población de hongos, bacterias y nematodos filiformes presentes en suelo bajo un sistema sustentable en Las Cañadas, Tlaxcala.
- Fuentes, MS, Alvarez, A., Saez, JM, Benimeli, CS, & Amoroso, MJ (2014). Uso de consorcios de actinobacterias para mejorar la biorremediación de metoxicloro en diferentes matrices contaminadas. En *Biorremediación en Latinoamérica* (pp. 267-277). Springer, Cham.
- Guanilo Iñigo, A. P., & Silva Carhuatocto, L. M. (2019). Remediación mediante *Pleurotus ostreatus* y *Trametes versicolor* en suelos contaminados por Metamidofos y Cadmio en la zona de Ninabamba-Cajamarca 2019.
- Hai, F. I., Modin, O., Yamamoto, K., Fukushi, K., Nakajima, F., & Nghiem, L. D. (2015). Pesticide removal by a mixed culture of bacteria and white-rot fungi. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 43(3), 459-462.
- Hu, K., Torán, J., López-García, E., Barbieri, M. V., Postigo, C., de Alda, M. L., ... & Blánquez, P. (2020). Fungal bioremediation of diuron-contaminated waters: Evaluation of its degradation and the effect of amendable factors on its removal in a trickle-bed reactor under non-sterile conditions. *Science of the Total Environment*, 743, 140628.
- Hussain, B., Ashraf, M. N., Abbas, A., Li, J., & Farooq, M. (2021). Cadmium stress in paddy fields: effects of soil conditions and remediation strategies. *Science of The Total Environment*, 754, 142188.
- Isuiza Chacchi, B. M. (2016). Efecto de microorganismos eficaces (EM) en la biorremediación de agua y lodo de estanques piscícolas. Pucallpa, Perú.
- Jabeen, H., Iqbal, S., Anwar, S. y Parales, RE (2015). Optimización de la degradación de profenofos por un nuevo consorcio bacteriano PBAC utilizando la metodología de superficie de respuesta. *Biodeterioro internacional y biodegradación* , 100 , 89-97.

- Jaiswal, S., Singh, DK y Shukla, P. (2022). Biorremediación de lindano por *Paenibacillus dendritiformis* SJPS-4, análisis de su ruta metabólica y anotación de genes funcionales. *Tecnología e innovación ambiental* , 27 , 102433.
- Jariyal, M., Gupta, V. K., Jindal, V., & Mandal, K. (2015). Isolation and evaluation of potent *Pseudomonas* species for bioremediation of phorate in amended soil. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 122, 24-30.
- Jayaraj,R.,Megha,P. & Sreedev,P.(2016).Review Article. Organochlorine pesticides, their toxic effects on living organisms and their fate in the environment. *Interdisciplinary Toxicology*,9(3-4) 90-100.
- Jiang, B., Jin, N., Xing, Y., Su, Y., & Zhang, D. (2018). Unraveling uncultivable pesticide degraders via stable isotope probing (SIP). *Critical reviews in biotechnology*, 38(7), 1025-1048.
- Jiang, B., Zhang, N., Xing, Y., Lian, L., Chen, Y., Zhang, D., ... & Song, Y. (2019). Microbial degradation of organophosphorus pesticides: novel degraders, kinetics, functional genes, and genotoxicity assessment. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(21), 21668-21681.
- Jin, Z., Guo, Q., Zhang, Z., & Yan, T. (2015). Biodegradation of type II pyrethroids and major degraded products by a newly isolated *Acinetobacter* sp. strain JN8. *Canadian journal of microbiology*, 60(8), 541-545.
- Kim, H., Kim, D. U., Lee, H., Yun, J., & Ka, J. O. (2017). Syntrophic biodegradation of propoxur by *Pseudaminobacter* sp. SP1a and *Nocardioides* sp. SP1b isolated from agricultural soil. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 118, 1-9.
- Kumar, V., Sharma, N., & Vangnai, A. (2021). Modeling degradation kinetics of profenofos using *Acinetobacter* sp. 33F. *Environmental Technology & Innovation*, 21, 101367.

- Liu, L., Helbling, D. E., Kohler, H. P. E., & Smets, B. F. (2019). Modelling carbofuran biotransformation by *Novosphingobium* sp. KN65. 2 in the presence of coincidental carbon and indigenous microbes. *Environmental Science: Water Research & Technology*, 5(4), 798-807.
- Lopes, A. R., Danko, A. S., Manaia, C. M., & Nunes, O. C. (2013). Molinate biodegradation in soils: natural attenuation versus bioaugmentation. *Applied microbiology and biotechnology*, 97(6), 2691-2700.
- Maldonado Torres, A., Lores Cruz, S. L., & Osorio Hernández, E. (2017). Identificación morfológica de hongos y bacterias en lodos de extracción de gas natural y de tratamiento de aguas residuales. REPOSITORIO NACIONAL CONACYT
- Mali, H., Shah, C., Raghunandan, B. H., Prajapati, A. S., Patel, D. H., Trivedi, U., & Subramanian, R. B. (2022). Organophosphate pesticides an emerging environmental contaminant: Pollution, toxicity, bioremediation progress, and remaining challenges. *Journal of Environmental Sciences*.
- Martínez, A. (2009). seminario de tesis. Metodología de la investigación lingüística: el enfoque etnopragmático. En EN de Arnoux (dir.), *Escritura y producción de conocimiento en las carreras de postgrado*, 259-286.
- Mir-Tutusaus, J. A., Masís-Mora, M., Corcellas, C., Eljarrat, E., Barceló, D., Sarrà, M., ... & Rodríguez-Rodríguez, C. E. (2014). Degradation of selected agrochemicals by the white rot fungus *Trametes versicolor*. *Science of the total environment*, 500, 235-242.
- Mori, T., Wang, J., Tanaka, Y., Nagai, K., Kawagishi, H., & Hirai, H. (2017). Bioremediation of the neonicotinoid insecticide clothianidin by the white-rot fungus *Phanerochaete sordida*. *Journal of hazardous materials*, 321, 586-590.
- Mostafa, A. A. F., Yassin, M. T., Dawoud, T. M., Al-Otibi, F. O., & Sayed, S. R. (2022). Mycodegradation of diazinon pesticide utilizing fungal strains isolated from polluted soil. *Environmental Research*, 212, 113421.

- Pereira, SI, Figueiredo, PI, Barros, AS, Dias, MC, Santos, C., Duarte, IF, & Gil, AM (2014). Cambios en el metaboloma de las hojas de lechuga debido a la exposición al pesticida mancozeb. *Química de los alimentos* , 154 , 291-298.
- Powthong, P., Jantrapanukorn, B. y Suntornthiticharoen, P. (2016). Aislamiento, identificación y análisis de bacterias degradadoras de DDT para mejoramiento de áreas agrícolas. *Revista de Alimentos, Agricultura y Medio Ambiente* , 14 (1), 131-136.
- Purnomo, A. S., Nawfa, R., Martak, F., Shimizu, K., & Kamei, I. (2017). Biodegradation of aldrin and dieldrin by the white-rot fungus *Pleurotus ostreatus*. *Current microbiology*, 74(3), 320-324.
- Qu, J., Xu, Y., Ai, G. M., Liu, Y., & Liu, Z. P. (2015). Novel *Chryseobacterium* sp. PYR2 degrades various organochlorine pesticides (OCPs) and achieves enhancing removal and complete degradation of DDT in highly contaminated soil. *Journal of Environmental Management*, 161, 350-357.
- Rodrigues, A. D. O., dos Santos Montanholi, A., Shimabukuro, A. A., Yonekawa, M. K. A., Cassemiro, N. S., Silva, D. B., ... & Dos Santos, E. D. A. (2022). N-acetylation of toxic aromatic amines by fungi: Strain screening, cytotoxicity and genotoxicity evaluation, and application in bioremediation of 3, 4-dichloroaniline. *Journal of Hazardous Materials*, 441, 129887.
- Rodríguez, Á. G. P., López, M. I. R., Casillas, T. Á. D., León, J. A. A., Mahjoub, O., & Prusty, A. K. (2017). Monitoring of organochlorine pesticides in blood of women with uterine cervix cancer. *Environmental Pollution*, 220, 853-862.
- Rother, E. T. (2007). Revisión sistemática X Revisión narrativa. *Acta paulista de enfermagem*, 20, v-vi.
- Ruiz Castro, J. R. (2018). Evaluación de la actividad enzimática de hongos y bacterias procedentes de un suelo agrícola contaminado con plaguicidas de la Parroquia San Luis para la elección del microorganismo más eficiente para su biorremediación (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).

- Sabourmoghaddam, N., Zakaria, M. P., & Omar, D. (2015). Evidence for the microbial degradation of imidacloprid in soils of Cameron Highlands. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 14(2), 182-188.
- Salunkhe, V. P., Sawant, I. S., Banerjee, K., Wadkar, P. N., & Sawant, S. D. (2015). Enhanced dissipation of triazole and multiclass pesticide residues on grapes after foliar application of grapevine-associated bacillus species. *Journal of agricultural and food chemistry*, 63(50), 10736-10746.
- Sarker, A., Lee, S. H., Kwak, S. Y., Nandi, R., & Kim, J. E. (2020). Comparative catalytic degradation of a metabolite 3, 5-dichloroaniline derived from dicarboximide fungicide by laccase and MnO₂ mediators. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 196, 110561.
- Silambarasan, S. y Abraham, J. (2014). Eficacia de *Ganoderma* sp. JAS4 en biorremediación de clorpirifos y su metabolito hidrolizante TCP de suelo agrícola. *Revista de Microbiología Básica*, 54 (1), 44-55
- Silambarasan, S., Cornejo, P., & Vangnai, A. S. (2022). Biodegradation of 4-nitroaniline by novel isolate *Bacillus* sp. strain AVPP64 in the presence of pesticides. *Environmental Pollution*, 119453.
- Singh, P., Saini, H. S., & Raj, M. (2016). Rhamnolipid mediated enhanced degradation of chlorpyrifos by bacterial consortium in soil-water system. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 134, 156-162.
- Singh, R. L. (2017). Introduction to environmental biotechnology. In *Principles and Applications of Environmental Biotechnology for a Sustainable Future* (pp. 1-12). Springer, Singapore.
- Tarla, D. N., Erickson, L. E., Hettiarachchi, G. M., Amadi, S. I., Galkaduwa, M., Davis, L. C., ... & Pidlisnyuk, V. (2020). Phytoremediation and bioremediation of pesticide-contaminated soil. *Applied Sciences*, 10(4), 1217.
- Vargas, F. R. L., Grández, K. M. B., Pérez, V. G., Eustaquio, W. M., Herrera, C. J., & Dávila, J. M. P. (2020). La intensidad eléctrica y la biorremediación de

Aspergillus niger en suelos contaminados con hexadecano, en Loreto, Perú. *Ciencia Amazónica (Iquitos)*, 8(2), 209-220.

Veland, S., Scoville-Simonds, M., Gram-Hanssen, I., Schorre, A. K., El Khoury, A., Nordbø, M. J., ... & Bjørkan, M. (2018). Narrative matters for sustainability: the transformative role of storytelling in realizing 1.5 C futures. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 31, 41-47.

Vivas Garcia, M. X. (2019). Fitorremediación de metales pesados como Cd y Pb asistida por microorganismos.

Wang, J., Ohno, H., Ide, Y., Ichinose, H., Mori, T., Kawagishi, H., & Hirai, H. (2019). Identification of the cytochrome P450 involved in the degradation of neonicotinoid insecticide acetamiprid in *Phanerochaete chrysosporium*. *Journal of hazardous materials*, 371, 494-498.

Zaffar, H., Ahmad, R., Pervez, A., & Naqvi, T. A. (2018). A newly isolated *Pseudomonas* sp. can degrade endosulfan via hydrolytic pathway. *Pesticide biochemistry and physiology*, 152, 69-75.

Zhang, X., Gao, Y., Zang, P., Zhao, Y., He, Z., Zhu, H., ... y Zhang, L. (2019). Estudio sobre la degradación simultánea de cinco plaguicidas por *Paenibacillus polymyxa* a partir de *Panax ginseng* y las características de sus productos. *Ecotoxicología y Seguridad Ambiental*, 168, 415-422.

Zhao, H., Tao, K., Zhu, J., Liu, S., Gao, H., & Zhou, X. (2015). Bioremediation potential of glyphosate-degrading *Pseudomonas* spp. strains isolated from contaminated soil. *The Journal of general and applied microbiology*, 61(5), 165-170.

ANEXOS
ANEXO 1. MATRIZ DE CATEGORIZACIÓN APRIORÍSTICA

| TITULO: BIORREMEDIACIÓN CON HONGOS Y BACTERIAS EN SUELOS CONTAMINADOS CON PESTICIDAS 2022: REVISIÓN SISTEMÁTICA | | | | |
|--|--|-----------------------------------|--|---|
| OBJETIVOS ESPECIFICOS | PROBLEMAS ESPECIFICOS | CATEGORIAS | SUB-CATEGORIAS | UNIDAD DE ANALISIS |
| Definir los tipos de hongos y bacterias más usadas para la biorremediación en suelos contaminados con pesticidas. | ¿Qué tipos de hongos y bacterias son más usadas para la biorremediación de suelos contaminados con pesticidas? | Tipos de hongos y bacterias | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Acinetobacter ▪ Alcaligenes ▪ Bacillus ▪ Pseudomonas sp. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Figeroa (2019) ▪ Maldonado, et. al., (2017) |
| Identificar los pesticidas degradados por la biorremediación con hongos y bacterias en suelos contaminados con pesticidas. | ¿Cuáles son los pesticidas degradados por la biorremediación con hongos y bacterias en suelos contaminados con pesticidas? | Tipos de pesticidas | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Insecticidas ▪ Acaricidas ▪ Fungicidas ▪ Herbicidas ▪ Rodenticidas ▪ Avicidas ▪ Molusquicidas ▪ Nematicidas | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Campos (2018) ▪ FAO (2019) |
| Evaluar la efectividad de la biorremediación con hongos y bacterias en suelos contaminados con pesticidas. | ¿Cuál es la efectividad de la biorremediación con hongos y bacterias en suelos contaminados con pesticidas? | Efectividad de la biorremediación | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Alta ▪ Media ▪ Baja | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Campos et al. (2016) ▪ Benites et al. (2021) |

ANEXO 2. FICHA DE RECOLECCION DE DATOS

| | | |
|---|--|---------|
| TITULO: | | |
|  | FICHA DE RECOLECCION DE INFORMACION | |
| AUTOR (ES): | AÑO DE PUBLICACION: | REVISTA |
| OBJETIVO | | |
| METODO | | |
| METODOLOGÍA | | |
| RESULTADOS | | |
| CONCLUSIONES | | |



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, QUIJANO PACHECO WILBER SAMUEL, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis titulada: "Biorremediación con Hongos y Bacterias en suelo contaminados con Pesticidas 2022: Revisión Sistémica", cuyo autor es PALOMINO PARIONA ESTEFANY, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 9.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 21 de Octubre del 2022

| Apellidos y Nombres del Asesor: | Firma |
|---|--|
| QUIJANO PACHECO WILBER SAMUEL DNI: 06082600 ORCID: 0000-0001-7889 -7928 | Firmado electrónicamente por: WLSAMUELQUP el 29-10-2022 13:24:16 |

Código documento Trilce: TRI - 0435272