



Universidad **César Vallejo**

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL

**Bacterias con capacidad degradadora de piretroides en
sistemas acuáticos: Revisión sistemática**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

AUTORES:

Benites Huapaya, Lucy Stefanny (ORCID: 0000 0001 6124 6862)

Torres Uzuriaga, Tami Aneka (ORCID: 0000 0003 0625 2252)

ASESOR:

Dr. Lozano Sulca, Yimi Tom (ORCID: 0000 0002 0803 1261)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de los Residuos

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

A nuestros padres, por demostrarnos que cuando uno quiere salir adelante no hay nada imposible, por ser el pilar fundamental en nuestras vidas, por el apoyo y amor incondicional brindado en todo momento, deseando que logremos nuestras metas trazadas en la vida.

Gracias.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por brindarme la dicha de la vida, por estar con nosotros en cada paso que damos, por fortalecer nuestros corazones e iluminar nuestras mentes para poder seguir adelante.

A nuestros padres, por el apoyo incondicional y por haber compartido muchas experiencias que contribuyeron a lo largo de este camino hasta lograr nuestros objetivos.

A nuestros profesores, por las enseñanzas brindadas en el transcurso de nuestra carrera profesional.

Gracias.

ÍNDICE DEL CONTENIDOS

CARÁTULA.....	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	v
INDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE GRÁFICOS	v
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT.....	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III.MÉTODOLÓGÍA	13
3.1. Tipo y diseño de investigación	13
3.2. Categoría, subcategoría y matriz de categorización.....	14
3.3. Escenario de estudio	15
3.4. Participantes.....	15
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	15
3.6. Procedimiento	16
3.7. Rigor científico	17
3.8. Método de análisis de información	17
3.9. Aspectos éticos.....	18
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	19

V. CONCLUSIONES	28
V. RECOMENDACIONES	29
BIBLIOGRAFÍA	30
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1: Clasificación de piretroides

Tabla N° 2: Tabla de antecedentes

Tabla N° 3: Matriz de Categorización Apriorística

Tabla N° 4. Propiedades fisicoquímicas de los piretroides

INDICE DE FIGURAS

Figura N°1: Estructura química de los piretroides sintéticos de tipo I y II

Figura N°2: Medios de ingreso de piretroides al sistema acuático

Figura N°3: Impacto toxicológico del piretroide

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1: Procedimiento de Selección

Gráfico N°2: Promedio de remoción de las cepas degradantes de piretroides

Gráfico N°3: Promedio de pH óptimo

Gráfico N°4: Temperatura óptima (°C)

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

OCP: Plaguicidas organoclorados

BL: Bacterias lácticas

PSB: Bacteriano fotosintético

OMS: Organización Mundial de la Salud

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo analizar cuáles son las cepas bacterianas más eficaces para degradar piretroides en sistemas acuáticos, se empleó una metodología cualitativa aplicada, de diseño narrativo, realizando un estudio sistemático de 80 literaturas generando un análisis de selección, quedando 20 artículos científicos añadidos al estudio.

Se obtuvo, que la Cipermetrina de peso molecular 416,3 con una solubilidad de 0,009 mg/l es el piretroide más presente en los sistemas acuáticos. Donde la cepa Bacillaceae es la que presenta un mayor promedio de remoción con un 90%. Los parámetros que influyentes son el pH, el tiempo de contacto y la temperatura; siendo un tiempo adecuado de 5 a 15 días después de la incubación, la temperatura óptima se encuentra en el rango de 25 a 35°C, corroborado por el 50% de los investigadores y un 45% encontró la mayor remoción con una temperatura mayor a 35°C, y por último el pH óptimo es neutro donde un 95% de los investigadores usaron un pH de 6 a 8 como equilibrio para obtener una mayor degradación de piretroides.

Palabras clave: Piretroides, bacterias, degradación, sistemas acuáticos, bacterias biodegradables.

ABSTRACT

The objective of this study was to analyze which are the most efficient bacterial strains for degrading pyrethroids in aquatic systems, an applied qualitative methodology of narrative design was used, carrying out a systematic study of 80 literatures, generating a selection analysis, leaving 20 scientific articles added to the study.

It was obtained that Cypermethrin with a molecular weight of 416.3 and a water solubility of 0.009 mg/l is the pyrethroid most present in aquatic systems. where the Bacillaceae strain is the one with the highest average removal rate of 90%. The influential parameters are pH, contact time and temperature; An adequate time from 5 to 15 days after incubation, the optimum temperature is in the range of 25 to 35°C, this being corroborated by 50% of the researchers and 45% found the highest removal with a temperature higher than 35°C, and finally the optimum pH is a neutral one where 95% of the researchers used a pH of 6 to 8 as an equilibrium to obtain a greater pyrethroid degradation.

Keywords: Pyrethroids, bacteria, degradation, aquatic systems, biodegrading bacteria.

I. INTRODUCCIÓN

La presencia de plaguicidas organoclorados (OCP) utilizados hace décadas para el control de vectores en áreas urbanas todavía se informa como una amenaza para la salud humana (Guida Yago et al., 2021, p.1). Los piretroides surgieron como un reemplazo de los OCP en campañas sanitarias y actualmente son los principales insecticidas utilizados para el control de vectores en todo el mundo, con un uso destacado como insecticidas agrícolas y domésticos, con fines veterinarios y de jardinería, y como conservante de la madera (Hunt Lisa et al., 2016, p.2).

Los pesticidas piretroides son productos sintéticos derivados de piretrinas naturales aisladas de las flores; se utilizan en todo el mundo como ingredientes activos de productos fitosanitarios insecticidas y biocidas (Dórea José G., 2020, p.1). Tiene amplias aplicaciones en horticultura, agricultura y control de plagas. El uso regular de piretroides sintéticos afecta a una comunidad microbiana útil y reduce la fertilidad del suelo (Werner I. y Young T., 2018, p.1).

La OMS clasifica el pesticida piretroide como un compuesto de clase I, y determina las dosis letales promedio para aves y mamíferos, respectivamente (OMS, 2016). El principio de acción de los piretroides se ha explicado como interacciones con los canales de sodio y el inicio de una despolarización prolongada en las neuronas (World Health Organization, et al., 2016, p.1). Los piretroides se dividen en categorías: categoría I y categoría II, según la estructura del complejo y su actividad, así como los efectos secundarios no deseados que provocan (Xue Qingping et al., 2021, p.1).

Su modo principal de acción tóxica se dirige a la función del sistema nervioso de los organismos. Los piretroides son un insecticida rápido y altamente tóxico que presenta síndrome de tipo temblor, reacciones alérgicas y ataxia (Matsuo Noritada, 2019, p.4).

Los piretroides contaminan las aguas superficiales, sin embargo, la falta de sensibilidad de los métodos químico-analíticos comúnmente aplicados en los programas de monitoreo limita la disponibilidad de datos sobre su distribución temporal y espacial (Chrustek Agnieszka et al., 2018, p.3). Debido a que los

piretroides son extremadamente tóxicos para las especies acuáticas, los datos de monitoreo que se basan en límites de detección insuficientemente bajos pueden transmitir una falsa sensación de seguridad con respecto a los posibles efectos tóxicos de la contaminación por piretroides en los ecosistemas acuáticos (Singh Hemindermeet et al., 2016, p.5).

Debido a la excesiva información acumulada respecto a la acumulación de piretroides que no responden, existe una necesidad urgente de desarrollar métodos rápidos, económicos y confiables susceptibles de aplicación in situ (Georgiadis Nikolaos et al., 2018, p.1).

Debido a ello, se han estudiado las cepas de bacterias lácticas (BL) para su potencial en la eliminación de metales pesados, y otros contaminantes; pero pocos estudios indicaron que los microorganismos podrían eliminar los plaguicidas de la solución acuosa a través de la biosorción (Zhu Yuan ting et al., 2018, p.1).

Esta biosorción empleando bacterias depende de las condiciones experimentales, como la temperatura, el pH, la concentración de biomasa y la concentración de pesticida, y la mejor absorción se observa a pH 6,0 y 35 °C (Zhu Yuanting et al., 2016, p.2).

En base a lo expuesto el proyecto plantea como problema general: ¿Cuáles son las cepas bacterianas más eficaces para degradar piretroides en sistemas acuáticos? y como problemas específicos: ¿Cuáles son las propiedades fisicoquímicas de los piretroides presentes en los sistemas acuáticos?, ¿Cuál es el promedio de remoción de las cepas degradantes de piretroides en sistemas acuáticos? y ¿Cuáles son los parámetros influyentes en las cepas degradadoras de piretroides?

De igual manera el trabajo de investigación plantea el siguiente objetivo general: Analizar cuáles son las cepas bacterianas más eficaces para degradar piretroides en sistemas acuáticos, para luego dar a conocer los siguientes objetivos específicos: Identificar cuáles son las propiedades fisicoquímicas de los piretroides presentes en los sistemas acuáticos, Determinar cuál es el promedio de remoción de las cepas degradantes de piretroides en sistemas acuáticos y Clasificar a los parámetros influyentes en las cepas degradadoras de piretroides.

Debido a la falta de información de los mecanismo de acción de piretroides en los sistemas acuáticos y la aplicación de cepas bacterianas degradantes de piretroides este trabajo se justifica teóricamente, buscando realizar una revisión a nivel mundial de literaturas actualizadas para profundizar en las bacterias que presenten capacidad degradadora de piretroides, con la finalidad que la información proporcionada en el presente estudio sirva para futuras tomas de decisiones orientadas a la mitigación de la contaminación por piretroides en los sistemas acuáticos.

II. MARCO TEÓRICO

Los piretroides son un grupo de insecticidas sintéticos que son derivados de piretrinas naturales de las flores de *Chrysanthemum cinerariaefolium* (Skolarczyk Justyna et al., 2017, p.1). Estos están compuestos por ésteres de ácido de crisantemo (2, 2-dimetil-3- (1-isobutenil) ciclopropano-1-carboxilato de etilo) y productos halogenados de los ácidos y alcoholes de estas sustancias (Cárcamo Juan Guillermo et al., 2017, p.2).

Los componentes normales se originan en *C. cinerariaefolium* que experimentan una rápida descomposición debido a la luz, en consecuencia, se han sustituido por productos artificiales, inicialmente considerados inofensivos para el ser humano y la fauna avanzada (Vieira Carlos et al., 2018, p.2).

Los piretroides son biocidas, que pertenecen a la tercera generación de insecticidas. Se utilizan como biocidas, insecticidas y medicinas, además, en concentraciones bajas, los piretroides, en general, no son perjudiciales para los seres humanos (Marican A. y Durán L., 2018, p.1).

Los piretroides son venenosos para plagas como abejas, libélulas, efímeras, tábanos, y algunos invertebrados y otros constituyen la base de las redes tróficas acuáticas y terrestres (Ensley S., 2018, p.2). Así, los piretroides tienen efectos venenosos sobre la vida acuática, afectando significativamente a la población marina (Alegría Loyola et al., 2017, p.5).

Estos compuestos podrían usarse sinérgicamente con el butóxido de piperonilo, un inhibidor reconocido de importantes enzimas microsomales del citocromo P450, del piretroide, que se descomponen, lo que intensifica su efectividad (letalidad) (Wallace D. y Djordjevic A., 2020, p.263).

Los principales compuestos plaguicidas ampliamente utilizados en la agricultura son las piretrinas y los derivados sintéticos; además, se han fabricado insecticidas artificiales denominados piretroides para que sean análogos a las piretrinas, pero son extra resistentes en el entorno (Soderlund S., 2019, p.114).

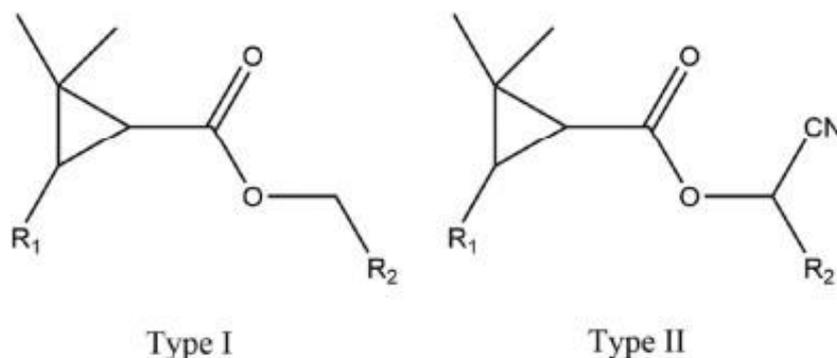
Los piretroides, que comprenden una gama diversa de estructuras, históricamente se han clasificado en dos grandes grupos (Tipo I y Tipo II) sobre la base de sus respuestas biológicas y la interpretación de la mayoría de los estudios sobre el modo de acción de los insectos se ha basado en esta clasificación, aunque ahora se considera que es un enfoque demasiado simplista (Zhu Qiuyan et al., 2020, p. 11).

Tabla N°1: Clasificación de piretroides

Respuesta / acción	Tipo I	Tipo II
<i>Síntomas de envenenamiento</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Inicio rápido de los síntomas incluso a niveles subletales • Hiperactividad que a menudo conduce a una caída • Baja muerte con alta recuperación • Inversamente relacionado con cambios de temperatura 	<ul style="list-style-type: none"> • Inicio lento de los síntomas • Convulsión seguida de parálisis • Alta muerte con baja recuperación • Poco efecto del cambio de temperatura
<i>Respuesta electrofisiológica en tejido nervioso</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Descargas repetitivas en axones 	<ul style="list-style-type: none"> • Bloqueo de la conducción en las sinapsis
<i>Acción sobre la función de los canales de sodio</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Decaimiento rápido y monofásico de las corrientes de cola • Enlazar preferentemente a canales cerrados 	<ul style="list-style-type: none"> • Decaimiento bifásico y muy lento de las corrientes de cola • Vincularse preferentemente a canales abiertos
<i>Nivel de resistencia debido a moscas domésticas resistentes con mecanismo super-kdr</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Menos de 100 veces 	<ul style="list-style-type: none"> • Más de 200 veces

Fuente: Zhu Qiuyan et al., 2020

Figura N°1: Estructura química de los piretroides sintéticos de tipo I y II



Fuente: Zhan Hui et al., 2020

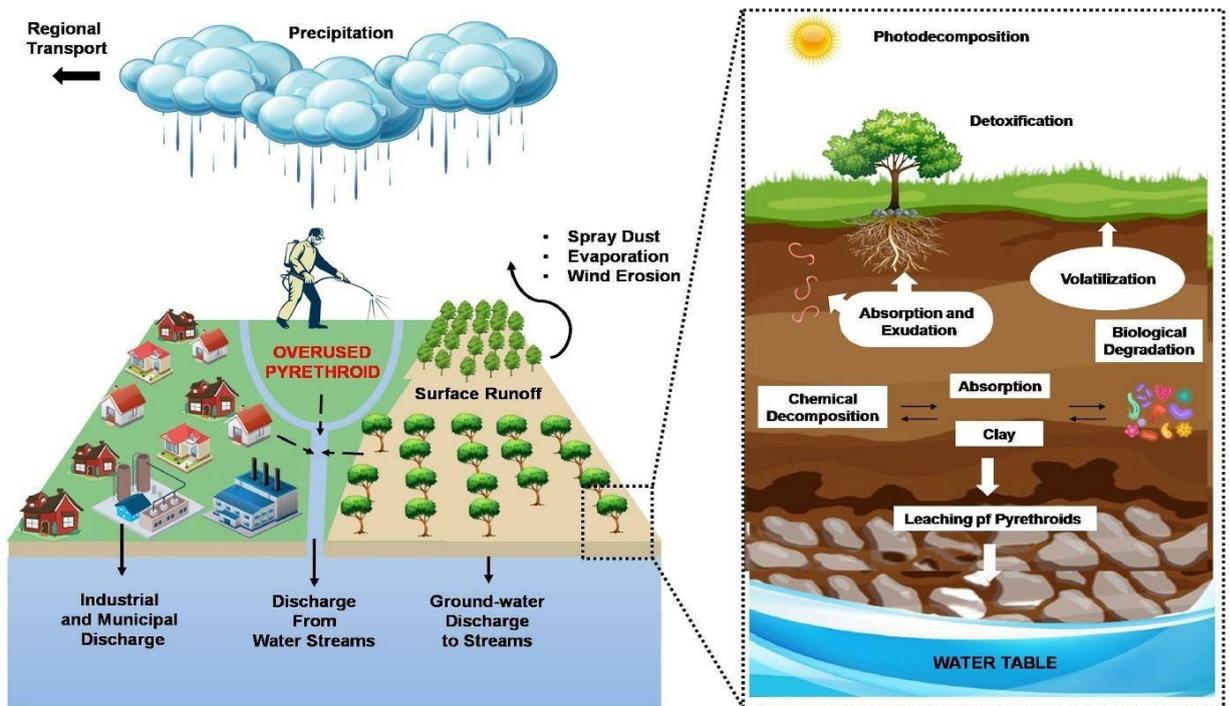
De acuerdo a la figura N°1 la estructura química de los piretroides sintéticos de tipo I y II. R1 y R2 representan hidrocarburos alifáticos y aromáticos en diferentes piretroides respectivamente.

Su uso ha crecido sustancialmente en las últimas décadas debido a las restricciones y prohibiciones impuestas a insecticidas competidores como los organofosforados y actualmente se fabrican con casi 100 productos comerciales diferentes y son neurotóxicos y afectan los canales de sodio dependientes de voltaje que resultan en parálisis muscular y muerte de insectos (Weis Leticia et al., 2020, p.3).

Así también las fuentes de ingreso al sistema acuático son diversas entre ellos se pueden encontrar en los desechos, con frecuencia en concentraciones fatales para los invertebrados (Boff Samuel et al., 2018, p.1). Es así que se menciona en la figura N°2 las diversas vías por las cuales los contaminantes piretroides ingresan al ecosistema (Wang Ji Zhong et al., 2016, p.3).

Como se muestra los piretroides suelen ser degradados por la luz solar y el suelo dentro de las 24 a 48 h posteriores a la exposición, pero en algunos casos, pueden durar muchos días y la descomposición de los piretroides en el medio ambiente implica la ruptura del éster como proceso principal.

Figura N°2: Medios de ingreso de piretroides al sistema acuático



Fuente: Das Swati et al., 2019

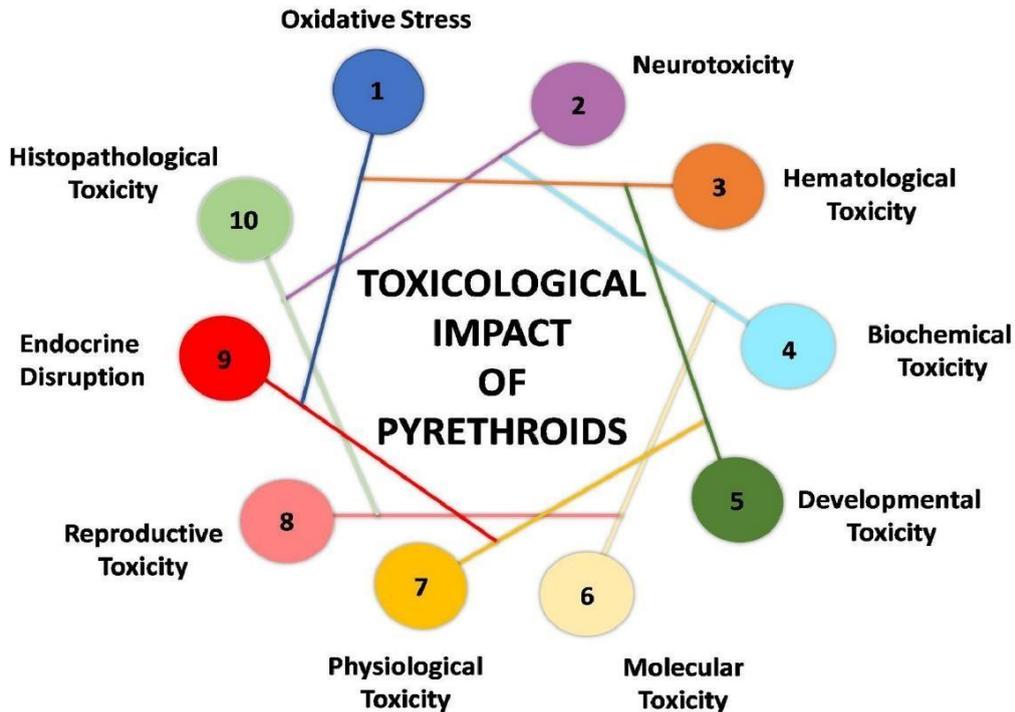
Los efectos adversos para la salud de los piretroides se reconocen cada vez más en los últimos años, debido al amplio uso de productos que contienen piretroides, la exposición a los piretroides puede ocurrir por inhalación, absorción dérmica e ingestión de alimentos y/o agua (Urkude Rashmi et al., 2019, p.3). Varios estudios de casos informaron que pueden ocurrir resultados cardiovasculares adversos como bloqueo cardíaco completo (Saillenfait A. et al., 2016, p.3).

Así también, la absorción de piretroides puede ocurrir a través de la piel por inhalación o ingestión (Chang Jing et al., 2019, p.1). Los piretroides con frecuencia no se adhieren bien a los canales de sodio de los mamíferos; pero su tasa de absorción a través de la piel y el hígado humanos es relativamente baja; por lo tanto, tienen una baja toxicidad en humanos en comparación con las plagas (Yanget al., 2018).

Los piretroides de tipo II tienen la capacidad de causar problemas como salivación, hiperexcitabilidad y convulsiones, también se observan efectos locales como contaminación de la piel que produce parestesias e irritaciones gastrointestinales (Qi Suzhen et al., 2020, p.5). Los piretroides pueden provocar intoxicaciones en

seres humanos por exposición accidental, ocupacional o intencional (Akelma H. et al., 2019, p.2). Es así que algunos de los impactos toxicológicos de los piretroides se muestran en la Figura N°3.

Figura N°3: Impacto toxicológico del piretroide



Fuente: Galadima Musa et al., 2021

También, el aumento de las dosis puede provocar una intoxicación grave, que puede poner en peligro la vida. Los signos característicos incluyen parestesia facial, picazón, quemazón, temblores, bilis y vómitos con espasmos musculares severos (Liu Xing y Lieberman J., 2017, p.4). La preocupación por los posibles efectos de la exposición a los piretroides en la función reproductora de los hombres adultos (Fan Xinjiong et al., 2017, p.2).

Varios estudios epidemiológicos han asociado la exposición ambiental y laboral a los piretroides con la alteración de la calidad del semen, incluyendo daños en el ADN de los espermatozoides (por ejemplo, aneuploidía) y una menor concentración de espermatozoides (Anjos Charlene S. et al., 2020, p.1).

También, varios estudios han investigado los efectos de la exposición a insecticidas piretroides durante el embarazo; estos se refieren esencialmente al crecimiento, al

desarrollo inmunológico y neuroconductual, a la salud respiratoria y al equilibrio hormonal de los bebés (Wang Chulei et al., 2019, p.3).

En los sistemas acuáticos se informó que los piretroides de los tipos I y II son tóxicos para los embriones y larvas del pez cebra. Permetrina, bifentrina (tipo I) y deltametrina, lambda-cihalotrina, fenvalerato, esfenvalerato (tipo II) a 1000, 10, 0,1, 0,01, 0,00 $\mu\text{g} / \text{L}$ 5 h después de la fertilización, hasta 5 días después de la fertilización. La bifentrina (10 $\mu\text{g} / \text{L}$ y esfenvalerato (1000 $\mu\text{g} / \text{L}$) disminuyó considerablemente ($P < 0.05$) el espacio de viaje de las larvas, mientras que a 1000 $\mu\text{g} / \text{L}$ de deltametrina y lambda-cihalotrina causaron la muerte de las larvas que resultó en la curvatura del eje del cuerpo y edema pericárdico (Awoyemi Olushola M. et al., 2019). Esto puede conducir a una reducción en la distancia que las larvas pueden viajar y al aumentar los niveles de exposición, los compuestos pueden matarlas (Kedari Vinod et al., 2016, p.4).

La degradación microbiana de los piretroides se ve afectada por diversos factores abióticos y bióticos como la humedad, las sales, el pH, etc., y solo unas pocas cepas microbianas y de algas pueden tolerar y degradar los piretroides in situ o en condiciones experimentales (Ramya K. y Vasudevan N., 2020, p.2).

Entre estos, los microbios pueden degradar productos químicos orgánicos en productos más seguros y se utilizan ampliamente para degradar contaminantes ambientales (Yang Jack et al., 2018, p.2). El método de cultivo de enriquecimiento se utiliza comúnmente para examinar los aislados degradadores de insecticidas de los sitios contaminados (Zhan Hui et al., 2018, p.2).

Generalmente, el suelo contaminado, las aguas residuales, los lodos de depuradora y los lodos activados son las fuentes óptimas para aislar microorganismos degradadores de insecticidas (Hu Kaidi et al., 2018, p.1). Sin embargo, también es factible el aislamiento a partir de insectos resistentes y alimentos fermentados (Pankaj Anita et al., 2016, p.2).

Los piretroides son tóxicos para los animales marinos, y varias cepas derivadas del mar han mostrado propiedades eficientes de degradación de piretroides que indican su potencial como fuente de aislamiento prometedora (Birolli Willian G. et al., 2016,

p.1). Según Tian Jiewei et al. (2018, p.2), la cepa bacteriana degradadora como la *cihalotrina Paracoccus acridae* es una bacteria simbiótica epífita de *Acrida cinerea* que se encuentra en entornos contaminados con piretroides, lo que representa una nueva posibilidad para el aislamiento de cepas degradadoras de piretroides.

Así también, se han purificado e identificado varios aislados degradadores de piretroides, incluyendo bacterias, hongos y actinomicetos (Zhan et al., 2018, p.1). Pero, la degradación de piretroides basada en bacterias se ha estudiado sustancialmente para desarrollar un mecanismo de biorremediación, donde las bacterias que degradan los piretroides incluyen principalmente *Acinetobacter*, *Bacillus*, *Ochrobactrum*, *Pseudomonas*, *Serratia*, *Sphingomonas* y *Klebsiella* (Brqaganca Idalina et al., 2018, p.3).

Se presenta en la Tabla N°2 los antecedentes más relevantes acerca del método de degradación de las cepas bacterianas en los piretroides presentes en sistemas acuáticos.

Tabla N° 2: Tabla de antecedentes

Cepa bacteriana	Tipo	Piretroide (s)	Masa molecular (KDa)	Temperatura y pH óptimo	Referencia
<i>Rhodopseudomonas palustris</i> PSB-S	Bradyrhizobiaceae	Fenpropathrin	33.94	35 °C, pH 6.0	Luo Xiangwen et al., 2018
<i>Pseudomonas synxantha</i> PS1	Pseudomonadaceae	Cipermetrina; Fenproatrina; Fenvalerato; Bifentrina	68	60 °C, pH 8.0	Cai Xianghai et al., 2017
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> GF31	Pseudomonadaceae	β-Cipermetrina	53	60 °C, pH 7.0	Tang Ai Xing et al., 2017
<i>Streptomyces</i> sp.	Streptomycetaceae	β-Cipermetrina	41	30 °C, pH 7.5	Chen Shaohua et al., 2014
Mao-tofu metagenome	Esterase	Cihalotrina; Cipermetrina; Fenvalerato	24.97	18 °C, pH 7.0	Fan Xinjong et al., 2017
<i>Curtobacterium</i> sp. CBMAI 1834, <i>Bacillus</i> sp. 2B, <i>Lysinibacillus</i> sp. CBMAI 1837, <i>Bacillus</i> sp. 4T, <i>Kocuria</i> sp. CBMAI 135, <i>Kocuria</i> sp. CBMAI 136, <i>Kocuria marina</i> CBMAI 141, <i>Kocuria</i> sp. CBMAI 145), <i>Bacillus</i> sp. P5CBNB, <i>Cossackonia</i> sp. CBMAI 1836, <i>Bacillus</i> sp. CBMAI 1833, y <i>Kosakonia</i> sp. CBMAI 1835	Actinomycetales	Esfenvalerate	64.8 – 95.2	55 °C, pH 6.5	Biolli Williann G. et al., 2016
<i>Acinetobacter baumannii</i> ZH-14	Moraxellaceae	Permetrina; Deltametrina;	50	121 ° C, pH 7,0	Zhan Hui et al., 2018

		Bifentrina; Fenpropatrina; Cihalotrina; β -Cipermetrina			
<i>Acremonium sp. CBMAI 1676</i>	Hypocreaceae	Esfenvalerate	31.5	40 °C, pH 7.0	Birulli Willian G. et al., 2016
<i>Bacillus licheniformis CY-012</i>	Bacillaceae	β -Cipermetrina	0,05 mg	30 °C, pH 7,0 y 7,5	Zhao Jiayuan et al., 2016
<i>Bacillus licheniformis CY-012</i>	Bacillaceae	Fenvalerato	44,04	40°C , pH 7,48	Tang Jie et al., 2018
<i>Bacillus subtilis 1D</i>	Bacillaceae	Cipermetrina	No indica	45 °C, pH 6.5	Gangola Saurabh et al., 2018
<i>Brevibacillus parabrevis BCP-09</i>	Paenibacillaceae	Cipermetrina	30,9	38.9 °C, pH 7,41	Tang Jie et al., 2018
<i>Paracoccus acridae SCU-M53</i>	Rhodobacteraceae	Cialotrina	75	28 °C, pH 7	Tian Jiewei et al., 2018
<i>Pseudomonas fulva P31</i>	Pseudomonadaceae	D-Fenotrina; Permetrina; Cihalotrina; β -Cipermetrina; Deltametrina; Fenpropatrina; Bifentrina	No indica	35 °C, pH 7	Yang Jack et al., 2018
<i>Raoultella ornithinolytica-ZK4</i>	Enterobacterias	Lambda - cihalotrina Deltametrina	24.97	37°C, pH 6.5	Zhang Xiaoqing et al., 2019
<i>Curtobacterium sp;</i> <i>Bacillus spp.;</i> <i>Pseudomonas sp.</i>	Microbacteriaceae	Lambda cialotrina	55.2	35 °C, pH 7.5	Birulli Willian G. et al., 2018

Elaboración propia

III. MÉTODOLÓGÍA

3.1 Tipo y Diseño de Investigación

La investigación usara un estudio cualitativo; de acuerdo con Salgado A., (2007, p.71), la investigación cualitativa es prescindible en la investigación del desarrollo y el comportamiento de un estudio. es decir; se busca entender y comprender en hecho en específico. Siendo esta investigación aplicada por el motivo de la búsqueda de entendimiento de diversos artículos que resuelvan las preguntas acerca de las capacidades degradadora que presentan las bacterias.

Además, el tipo de investigación será aplicada; debido a que este tipo de investigación se plantea cuando la problemática ya está establecida y es conocida, y se busca soluciones en base al análisis y estudio de estudios, buscando el entendimiento y aplicando los conocimientos adquiridos (Gersbach et al., 2018, p.8). Debido a ello, el presente estudio buscará aplicar los conocimientos que se obtenga en base a las literaturas estudiadas acerca de las bacterias con capacidad degradadora de piretroides en sistemas acuáticos.

El diseño de la investigación será narrativo de tópico, ya que, este diseño el interés se enfoca en el autor y las personas en su entorno, los cuales en conjunto participan en el desarrollo de una investigación (Blanco M., 2011, p.136). Por tal se aplica el diseño narrativo ya que se va a intervenir de cierta forma en el estudio para analizar y contar los hechos que no se encuentran totalmente claros para los lectores; buscando así determinar cuáles son las capacidades degradadora de piretroides en sistemas acuáticos empleando diversas cepas bacterianas.

3.2 Categorías, Subcategorías y matriz de categorización apriorística

Tabla N° 3: Matriz de Categorización Apriorística

Objetivos específicos	Problemas específicos	Categoría	Subcategoría	Criterio 1	Criterio 1
Identificar cuáles son las propiedades fisicoquímicas de los piretroides presentes en los sistemas acuáticos	¿Cuáles son las propiedades fisicoquímicas de los piretroides presentes en los sistemas acuáticos?	Propiedades fisicoquímicas de los piretroides (Saillenfait A. et al., 2016, p.3).	<ul style="list-style-type: none"> Nombre general Nombre IUPAC Formula molecular (Ramya K. y Vasudevan N., 2020, p.2).	De acuerdo al peso molecular	De acuerdo a la solubilidad en agua
Determinar cuál es el promedio de remoción de las cepas degradantes de piretroides en sistemas acuáticos	¿Cuál es el promedio de remoción de las cepas degradantes de piretroides en sistemas acuáticos?	Promedio de remoción de las cepas degradantes de piretroides (Anjos Charlene S. et al., 2020, p.1).	<ul style="list-style-type: none"> Remoción alta Remoción media Remoción baja (Wang Chulei et al., 2019, p.3).	De acuerdo a las cepas bacterianas aisladas	De acuerdo al tiempo empleado
Clasificar a los parámetros influyentes en las cepas degradadoras de piretroides	¿Cuáles son los parámetros influyentes en las cepas degradadoras de piretroides?	Parámetros influyentes en las cepas degradadoras de piretroides (Awoyemi Olushola M. et al., 2019)	<ul style="list-style-type: none"> pH Temperatura (°C) Tiempo (Ramya K. y Vasudevan N., 2020, p.2).	De acuerdo al porcentaje de degradación de piretroides	De acuerdo al tipo de bacteria empleada

Fuente: Elaboración propia

3.3 Escenario de estudio

El escenario de estudio es considerado el lugar en el que se lleva a cabo hechos o acontecimientos experimentales; por tal motivo el presente estudio tomará en cuenta como escenario de estudio de cada artículo científico a los laboratorios y universidades donde se realizaron las prácticas de degradación de piretroides usando las bacterias degradadoras. Cabe mencionar que dichos escenarios son mencionados en las diversas literaturas seleccionadas de diversos países y en diversos idiomas.

3.4 Participantes

Los participantes tomados en cuenta y que son esenciales para abordar la presente revisión sistemática son sitios web como bibliotecas virtuales y páginas institucionales, de donde se tiene acceso a millones de piezas de contenidos científicos; pudiendo hacer uso de contenidos como revistas académicas, libros electrónicos, y revistas científicas; siendo únicamente de nuestro interés los que aborden a las bacterias con capacidad degradadora de piretroides en sistemas acuáticos. Los participantes a usar en este estudio son Sciencedirect, PubMed, y scopus.

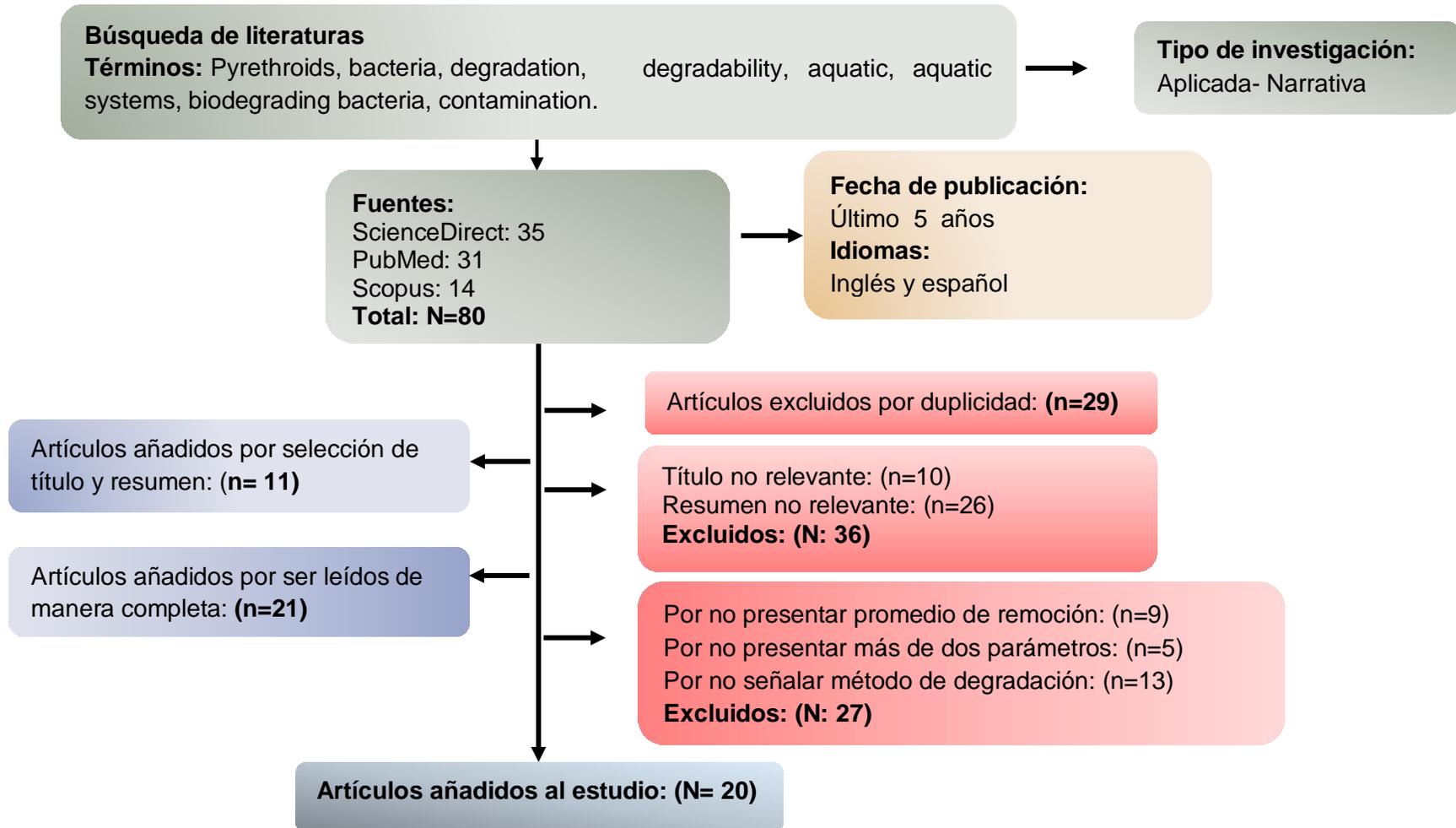
3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En el presente estudio e investigación se usará como técnica al análisis documental, y como instrumento de recolección e datos la ficha de análisis de contenido propuesta en el Anexo N°1. Esta técnica permite tener acceso a los documentos usados en el estudio y generar una búsqueda más rápida de ellos; para lo cual no se altera ninguna información y se plasma datos esenciales y más relevantes que permitan mediante la síntesis del contenido plasmarlas para los lectores. Esto es acoplado con la ficha de análisis; siendo este un documento en el cual se detallarán los datos: datos de autor, investigación, objetivos metodología, resultados, conclusiones.

3.6 Procedimientos

El procedimiento y los procesos de selección de artículos añadidos al estudio se presentan en el gráfico N°1.

Gráfico N° 1: Procedimiento de Selección



Elaboración propia

3.7 Rigor científico

el presente estudio cumple con los criterios de credibilidad, confirmabilidad, consistencia y transferibilidad; siendo explicados su aplicación a continuación (Salgado, A., 2007 p. 74):

El criterio de credibilidad es aquel que busca corroborar que los resultados brindados sean creíbles; esto lo obtiene con diversos argumentos que demuestren que los resultados son verídicos y no han sido alterados. Este criterio se cumple con la calidad de las fuentes en las que se extrajeron cada una de las investigaciones científicas; siendo estas fuentes indizadas.

El criterio de confirmabilidad busca plasmar o trasladar la información a otros contextos para lo cual se sigue las pistas dejadas por el autor dejando expuesto lo que realizó y como lo realizó, teniendo de esa manera el poder de aplicar el estudio a otras realidades problemáticas. Este criterio se consiguió dejando descrito el tipo de metodología usada para que futuros investigadores puedan continuar con el estudio o aplicar mayores conocimientos con otras problemáticas.

El criterio de consistencia o dependencia busca la estabilidad de la información, y es un criterio de controversia entre los investigadores cualitativos, ya que esta información se extrae de otras fuentes y difieren de su veracidad por lo que se busca la mayor información posible. Esto se cumple mediante la aplicación e estudio experimentales, donde se aplican contextos reales y por ende únicos.

El criterio de transferibilidad es el poder de expandir o llevar los resultados de una investigación a otros campos. Este criterio se cumple disponiendo de toda la información necesaria para que otros investigadores tengan la posibilidad de aplicarlo en estudios futuros.

3.8 Método de análisis de la Información

El método usado en la presente revisión sistemática consistió en el uso de metodologías, fuentes, datos teóricos, entre otros, siendo este una característica del método de triangulación. Este nos permitió usar la matriz de categorización, que en base a los objetivos específicos y problemas específicos se planteó las tres siguientes categorías:

- Propiedades fisicoquímicas de los piretroides
- Promedio de remoción de las cepas degradantes de piretroides
- Parámetros influyentes en las cepas degradadoras de piretroides

Así también se elaboraron las siguientes sub categorías:

- Nombre general
- Nombre IUPAC
- Formula molecular

- Remoción alta
- Remoción media
- Remoción baja

- pH
- Temperatura (°C)
- Tiempo

3.9 Aspectos éticos

El presente estudio cumplió con la correcta redacción y referenciado mediante lo indicado en el manual de Referencias estilo ISO 690 y 690-2; así como los señalado por la Universidad Cesar Vallejo en la Resolución rectoral N° 0089-2019; así también se pasó por el programa turnitin, confirmando la veracidad y autenticidad de los datos brindados.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Propiedades fisicoquímicas de los piretroides presentes en los sistemas acuáticos

De acuerdo al análisis de las cepas bacterianas más eficaces para degradar piretroides en sistemas acuáticos de buscó resolver 3 problemas específicos, siendo el primero la identificación de las propiedades fisicoquímicas de los piretroides presentes en los sistemas acuáticos. De acuerdo a ello se muestra la tabla de resultados N° 4.

Tabla N° 4. Propiedades fisicoquímicas de los piretroides

Nombre general	Nombre IUPAC	Fórmula molecular	Peso molecular (g / mol)	solubilidad en agua	N° de veces
Aletrina	(2-metil-4-oxo-3-prop-2-enilciclopent-2-en-1-il) 2,2-dimetil-3-(2-metilprop-1-enil) ciclopropano-1-carboxilato	C ₁₉ H ₂₆ O ₃	302,4	0,0001 g / l	-
Bifentrina	(1R, 3S) -3 - [(Z) -2-cloro-3,3,3-trifluoroprop-1-enil] -2,2-dimetilciclopropano-1-carboxilato de 2-metil-3-fenilfenil metilo	C ₂₃ H ₂₂ ClF ₃ O ₂	422,9	0,1 g / l	3
Ciflutrina	[(R) -ciano- [4-fluoro-3- (fenoxi) fenil] metil] (1R, 3R) -3-(2,2-dicloroetenil) -2,2-dimetilciclopropano-1-carboxilato	C ₂₂ H ₁₈ Cl ₂ FNO ₃	434,3	2 g / l	-
Cipermetrina	[Ciano- (3-fenoxifenil) metil] 3- (2,2-dicloro etenil) -2,2-dimetilciclopropano-1-carboxilato	C ₂₂ H ₁₉ Cl ₂ NO ₃	416,3	0,009 mg / l	10
Cifenotrina	Ciano (3-fenoxifenil) metil 2,2-dimetil-3- (2-metilprop-1-en-1-il) ciclopropanocarboxilato	C ₂₄ H ₂₅ NO ₃	375,5	0,009 mg / l	1

Deltametrina	[(S) -Ciano- (3-fenoxifenil) -metil] (1R, 3R) -3- (2,2-dibromoetenil) -2,2-dimetil-ciclopropano-1-carboxilato	C ₂₂ H ₁₉ Br ₂ NO ₃	505,21	0,0002 mg / l	4
Esfenvalerato	(S) -ciano (3-fenoxifenil) metil- (S) -4-cloro-alfa- (1-metiletil) bencenoacetato	C ₂₅ H ₂₂ ClNO ₃	419,9	<0,02 mg / l	3
Etofenprox	2- (4-etoxifenil) -2-metilpropil 3 fenoxibencil éter	C ₂₅ H ₂₈ O ₃	376,5	<0,022 mg / l	1
Fenpropatrina	[Ciano- (3-fenoxifenil) metil] 2,2,3,3-tetrametilciclopropano-1-carboxilato	C ₂₂ H ₂₃ NO ₃	349,4	36,3 g / l	4
Fenvalerato	(RS) -alfa-ciano-3-fenoxibencil (RS) -2- (4-clorofenil) -3-metilbutirato	C ₂₅ H ₂₂ ClNO ₃	419,9	2 µg / l	3
Flucitrinato	2- [4- (difluorometoxi) fenil] -3 metilbutanoato de ciano (3-fenoxifenil) metilo	C ₂₆ H ₂₃ F ₂ NO ₄	451,5	0,06 mg / l	-
Flumetrina	3- [2-cloro-2- (4-clorofenil) vinil] -2,2-dimetilciclopropanocarboxilato de ciano (4-fluoro-3-fenoxifenil) metilo	C ₂₈ H ₂₂ Cl ₂ FNO ₃	510,4	0,001 mg / l	-
Imiprotrina	2,2-dimetil-3- (2-metilprop-1-enil) ciclopropano-1-carboxilato de (2,5-dioxo-3-prop-2-inilimidazolidin-1-il) metilo	C ₁₇ H ₂₂ N ₂ O ₄	318,4	93,5 mg / l	-
Lambda-Cyhalothrin	(R) -α-ciano-3-fenoxibencil (1S) -cis-3 - [(Z) -2-cloro-3,3,3-trifluoropropenil] -2,2-dimetil ciclopropanocarboxilato	C ₂₃ H ₁₉ ClF ₃ NO ₃	449,8	0,005 mg / l	6
Metoflutrina	Carboxilato de 2,3,5,6-tetrafluoro-4- (metoximetil) bencilo 2,2-dimetil-3- (prop-1-en-1-il) ciclopropano	C ₁₈ H ₂₀ F ₄ O ₃	360,3	0,67 mg / l	-

Permetrina	3- (2,2-diclorovinil) -2,2-dimetilciclopropanocarboxilato de (±) -3-fenoxibencilo	C ₂₁ H ₂₀ Cl ₂ O ₃	449,85	0,005 mg / l	2
Resmetrina	(5-bencilfuran-3-il) metil (2R) -2,2-dimetil-3- (2-metilprop-1-en-1-il) ciclopropano-1-carboxilato	C ₂₂ H ₂₆ O ₃	338,4	0,038 mg / l	-
Silafluofeno	(4-etoxifenil) [3- (4-fluoro-3-fenoxifenil) propil] dimetilsilano	C ₂₅ H ₂₉ FO ₂ Si	408,6	0,001 mg / l	-
Sumitrina	2,2-dimetil-3- (2-metilprop-1-enil) ciclopropano-1-carboxilato de (3-fenoxifenil) metilo	C ₂₃ H ₂₆ O ₃	350,4	0,0097 mg / l	1
Tau-fluvalinato	[Ciano- (3-fenoxifenil) metil] 2- [2-cloro-4- (trifluorometil) anilino] -3-metilbutanoato	C ₂₆ H ₂₂ ClF ₃ N ₂ O ₃	502,9	0,00103 mg / l	-
Teflutrin	2,3,5,6-tetrafluoro-4-metilbencilo (1RS, 3RS) -3 - [(Z) -2-cloro-3,3,3-trifluoroprop-1-enil] -2,2-dimetilciclopropanocarboxilato	C ₁₇ H ₁₄ ClF ₇ O ₂	418,7	0,02 mg / l	-
Tetrametrina	(1,3-dioxo-4,5,6,7-tetrahidroisoindol-2-il) metil-2,2-dimetil-3- (2-metilprop-1-enil) ciclopropano-1-carboxilato	C ₁₉ H ₂₅ NO ₄	331,4	0,00183 g / 100 ml	-
Tralometrino	Ester [(S) -ciano- [3- (fenoxi) fenil] metil] del ácido (1R, 3S) -2,2-dimetil-3- (1,2,2,2-tetrabromoetil) -1-ciclopropanocarboxílico	C ₂₂ H ₁₉ Br ₄ NO ₃	665	0,080 mg / l	-
Transflutrina	(2,3,5,6-tetrafluorofenil) metil éster del ácido (1R, 3S) -3- (2,2-diclorovinil) -2,2-dimetil-1-ciclopropanocarboxílico	C ₁₅ H ₁₂ Cl ₂ F ₄ O ₂	371,2	57 µg / l	-

Elaboración propia

De acuerdo a la tabla 4 respecto al anexo N°2 se tiene que las propiedades fisicoquímicas de los piretroides presentes en los sistemas acuáticos se encuentran caracterizados por la fórmula molecular, el peso molecular y la solubilidad que presentan en el agua; donde la Cipermetrina de peso molecular 416,3 con una solubilidad en agua de 0,009 mg/l es el piretroide más presente en los sistemas acuáticos, siendo confirmado por el 73% de los investigadores.

Siendo los autores Cai Xianghai et al., 2017, Birolli Willian G. et al., 2019, Sharma Anita et al., 2016, Tang Ai Xing et al., 2017, Chen Shaohua et al., 2014, Fan Xinjiong et al., 2017, Zhan Hui et al., 2018, Zhao Jiayuan et al., 2016, Gangola Saurabh et al., 2018, Tang Jie et al., 2018, Tian Jiewei et al., 2018, Yang Jack et al., 2018; quienes lo corroboran de acuerdo al anexo N°2.

Esto de acuerdo con Birolli Willian G. et al., (2019), es debido a que la cipermetrina al ser un piretroide sintético utilizado como insecticida a gran escala es aplicado varias veces y constante uso, produce el arrastre de los campos de cultivos hacia los sistemas acuáticos como ríos o mares.

Así también de acuerdo con Tang Ai Xing et al., (2017), una vez que llega la cipermetrina al medio acuático es altamente tóxico para los peces y los insectos acuáticos.

Lalah Joseph O. et al., (2018, p.14), respalda los resultados obtenidos en la tabla N°4, mostraron que en su estudio la cipermetrina (6.25 µg / L) tuvo la concentración media de residuos más alta en el agua superficial del río Kuywa durante el primer período de muestreo (lluvias intensas) seguido de diurón (1.75 µg / L) y ello puede atribuirse a la escorrentía de residuos de los productores subcontratados y de las granjas de Nucleus Estate al río durante las fuertes lluvias.

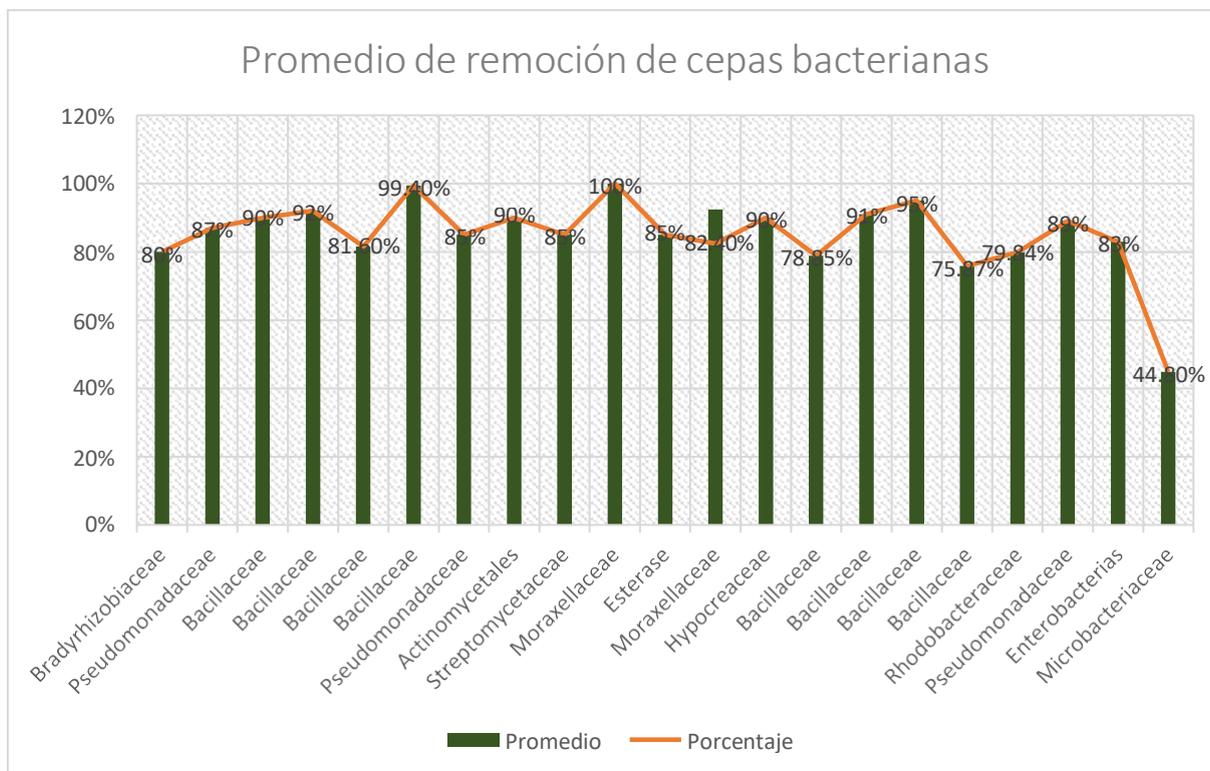
Por otro lado, Fan Xinjiong et al., 2017 afirma que de las piretrinas las más importantes (considerables) son la cipermetrina y cihalotrina.

Ello es también respaldado por Zhan Hui et al., 2018, Tian Jiewei et al., 2018, Yang Jack et al., 2018, Zhang Xiaoqing et al., 2019 y Birolli Willian G. et al., 2018.

4.2 Promedio de remoción de las cepas degradantes de piretroides en sistemas acuáticos

Para determinar la remoción de las cepas bacterianas se emplearon los criterios de acuerdo a la cepa bacteriana aislada y al tiempo empleado, donde se detallan los resultados en el gráfico N°2 respecto al Anexo N°2.

Gráfico N°2: Promedio de remoción de las cepas degradantes de piretroides



Elaboración propia

Los resultados muestran que en mayor promedio de aplicación se encuentra la cepa Bacillaceae presentando un promedio de remoción de 90% y de manera global las cepas bacterianas presentan una capacidad degradadora de piretroides en promedios de 80 al 100%.

Esto es apoyado por Gangola Saurabh et al., (2018), quien indica que la capacidad de biodegradación de la cipermetrina de la cepa *Bacillus subtilis* sin producir ningún producto final tóxico revela el potencial de este organismo para limpiar el suelo y el agua contaminados con pesticidas. Pero esta afirmación es rechazada por Xiao Ying y col, (2016, p.5). quien afirma que pocos estudios han sugerido que las especies de *Bacillus subtilis* tienen capacidad potencial para degradar compuestos aromáticos (colorantes) y pesticidas como cipermetrina, profenos.

Pero ello es refutado con lo expuesto por Anjos Charlene et al., 2020, Zhao Jiayuan et al., 2016, Tang Jie et al., 2018, Gangola Saurabh et al., 2018 y Tang Jie et al., 2018, quienes presentaron un porcentaje de degradación de piretroides en sistemas acuáticos en un: 90%, 78,85%, 91%, 95% y 75,87%.

De acuerdo con Zhan Hui et al., (2018), la cepa bacteriana *A. baumannii* presenta un potencial prometedor en la biorremediación de ambientes no solo acuáticos contaminados con piretroides sino también en ambientes terrestres. Esto también es respaldado por Cycon Mariusz y Piotrowska S., (2016, p.3), quien la cepa *A. baumannii* es capaz de degradar una amplia gama de piretroides sintéticos como deltametrina, bifentrina, fenpropatrina, cihalotrina y beta-cipermetrina, que también son plaguicidas ampliamente utilizados con problemas de contaminación ambiental.

Por otro lado, Zhao Jiayuan et al., 2016, afirma que realizando la unión de dos cepas bacterianas se presentan mejores resultados en un menor tiempo, donde sus resultados indicaron que 100 mg / L de β -cipermetrina (β -CY) se degradaron en un 78,85% y la concentración de 3-fenoxibenzoico (3-PBA) fue de 0,05 mg / L después de 72 h. En comparación con el uso solo de la cepa *Bacillus licheniformis*, la vida media de β -CY utilizando las dos cepas juntas se redujo de 84,53 ha 38,54 h, y el coeficiente de rendimiento de 3-PBA se redujo de 0,846 a 0,001. A 100 mg / L de 3-PBA y ácido gálico, la degradación de β -CY y 3-PBA fue solo del 17,68% y 40,45%, respectivamente.

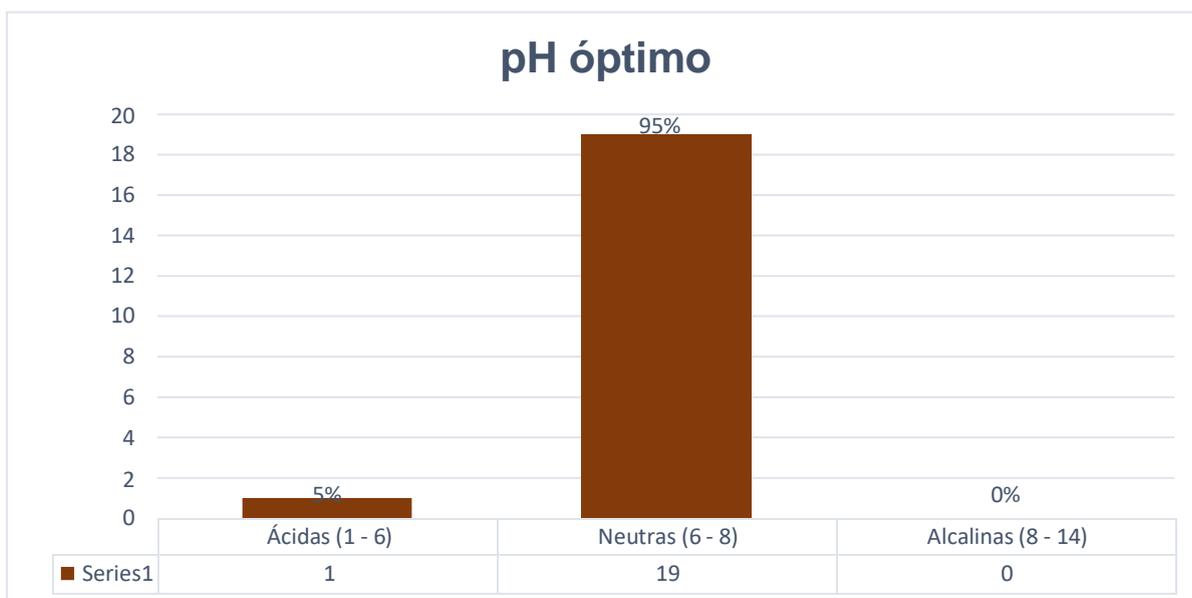
De acuerdo con Anjos Charlene et al., (2020), la biodegradación del esfenvalerato se realizó utilizando un consorcio bacteriano compuesto por las cepas *Lysinibacillus xylanilyticus* CBMAI2085, *Bacillus cereus* CBMAI2067, *Lysinibacillus sp.* CBMAI2051, y *Bacillus sp.* CBMAI2052; la concentración de plaguicidas disminuyó de los 100 mg L-1 iniciales a $10,6 \pm 4,0$ mg L-1 después de 12 días, produciendo $35,0 \pm 3,1$ mg L-1 de PBAc y $34,0 \pm 2,8$ mg L-1. Por lo tanto, alrededor de 20 mg L-1 (20% de la concentración inicial de esfenvalerato) fue mineralizado o biotransformado en metabolitos no identificados.

La tasa de biodegradación del esfenvalerato fue aproximadamente constante a 10,1 mg L-1 día-1 de 0 a 8 días y, de 8 a 12 días la reacción fue más lenta con una tasa de biodegradación de 3,1 mg L-1 día-1.

4.3. Parámetros influyentes en las cepas degradadoras de piretroides

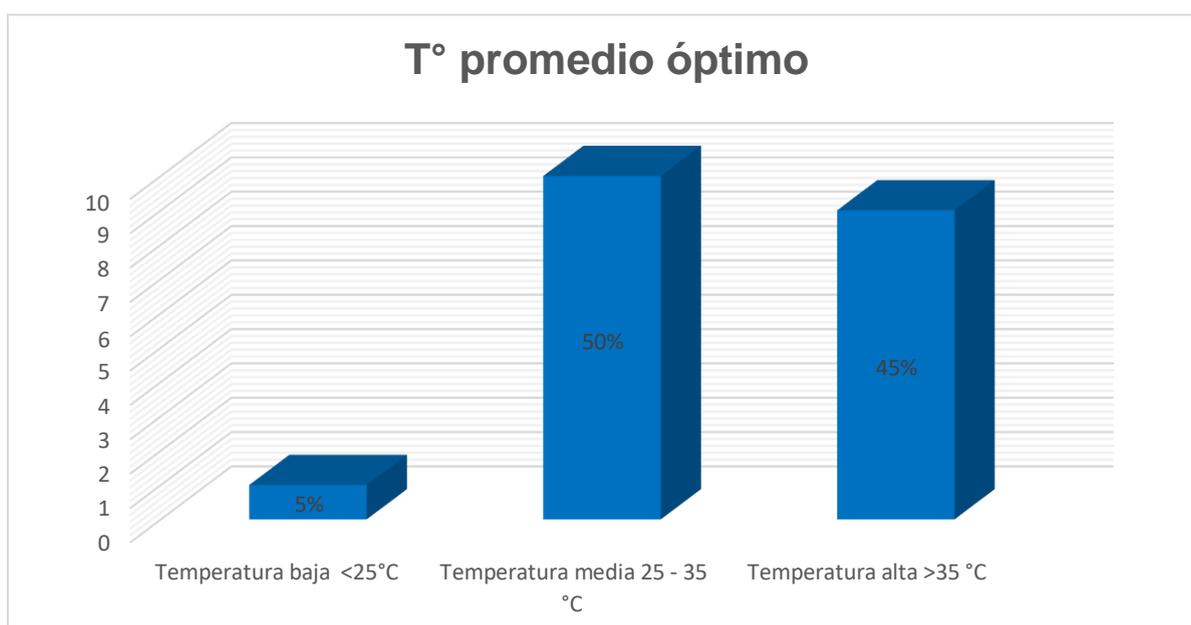
De acuerdo al Anexo N°2 para clasificar a los parámetros influyentes en las cepas degradadoras de piretroides se muestran los gráficos 3 y 4.

Gráfico N°3: Promedio de pH óptimo



Elaboración propia

Gráfico N°4: Temperatura óptima (°C)



Elaboración propia

De acuerdo a los estudios realizados se tiene que los parámetros influyentes en las cepas degradadoras son el pH, el tiempo de contacto y la temperatura. Siendo un tiempo adecuado para una mayor degradación de piretroides un promedio de 5 a 15

días después de la incubación y pasado el tiempo las bacterias podrían entrar a un periodo de muerte y por ende disminución del porcentaje de degradación, la temperatura como se muestra en el gráfico N°4 se encuentra en el rango de 25 a 35°C, siendo esto corroborado por el 50% de los investigadores y un 45% encontró la mayor remoción con una temperatura mayor a 35°C, ya que pasados los 30 °C disminuye la biodegradación, y por último el pH óptimo es uno neutro; de acuerdo al gráfico N°3 un 95% de los investigadores usaron un pH de 6 a 8 como equilibrio para obtener una mayor degradación de piretroides.

Esto es corroborado por Birolli Willian G. et al., 2019, quien realizó experimentos con *Bacillus* sp. durante períodos más largos y mostraron que la tasa de biodegradación disminuía durante tiempo ya que se observó una biodegradación del 24, 33 y 43% para 5, 10 y 15 d de reacción, respectivamente.

De acuerdo con Tang Ai Xing et al., (2017), la temperatura óptima para la actividad es sorprendentemente de 60 ° C y, además, la enzima purificada muestra una buena estabilidad de pH, manteniendo más del 85% de su actividad inicial en el rango de pH 5,0 a 9,0. Así también Zhang Hao et al., 2016, señala que, en medio líquido, la temperatura óptima, el valor de pH y el inóculo de disipación son de 30 ° C, 7.0 y 7.0% (v / v), respectivamente. Las tasas de disipación fueron 99,4% y 22,8% en 96 h cuando la concentración inicial de deltametrina fue de 10 y 100 mg l⁻¹, respectivamente.

Ello lo confirma también Chen Shaohua et al., (2014) indicando que, el efecto de la temperatura sobre la actividad enzimática de la bacteria se investigó utilizando beta-CP como sustrato a pH 7,5, con una temperatura que oscilaba entre 18 ° C y 40 ° C y la actividad catalítica se incrementó a medida que la temperatura aumentó hasta 30 ° C y disminuyó más allá de ese nivel; la actividad enzimática de la bacteria mostró una alta actividad catalítica a temperaturas entre 25 ° C y 35 ° C con una temperatura óptima a 30 ° C.

Los resultados anteriores son también respaldados por Fan Xinjong et al., 2017, Luo Xiangwen et al., 2018 y Zhao Jiayuan et al., 2016.

La estabilidad del esfenvalerato fue descrita por la hidrólisis a pH 7 es muy discordante, como se observa en el trabajo de Anjos Charlene et al., (2020), donde el esfenvalerato presenta un t_{1/2} de 129 días a pH 5 y 65 días a pH 9 en condiciones

abióticas. En nuestro estudio, el $t_{1/2}$ fue de unos 3,6 días mostrando la eficiencia de la biodegradación por el consorcio bacteriano empleado.

Así también se muestra como con diferentes condiciones de biodegradación y piretroides fueron presentados diferentes porcentajes de remoción de acuerdo al pH, concentración inicial y temperatura óptima; por ejemplo, *Rhodopseudomonas sp.* PSB07-8 biodegradó sólo el 23% de esfenvalerato (7 días, 20 mg L⁻¹ de concentración inicial, medio bacteriano fotosintético (PSB), 30 °C, pH 7,0), *Pseudomonas aeruginosa sp.* JQ-41 biodegradó 89% de fenpropatrina (7 días, 100 mg L⁻¹ de concentración inicial medio de sales minerales, 30 °C, pH 7,0) y *Brevibacterium aureum* DG-12 biodegradó el 80% de bifentrina (5 días, concentración inicial de 50 mg L⁻¹, medio de sal medio de sal mineral, 27 °C, pH 7,8) en diferentes estudios en la literatura.

Así también, Tian Jiewei et al., 2018, presentó como condiciones óptimas (28 ° C, 75 mg / L y 180 rpm), con una tasa de degradación de cihalotrina que alcanzó el 79,84% después de 2 días.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo a la revisión sistemática realizada se puede concluir lo siguiente:

1. Las propiedades fisicoquímicas de los piretroides presentes en los sistemas acuáticos se encuentran caracterizados por la fórmula molecular, el peso molecular y la solubilidad que presentan en el agua; donde la Cipermetrina de peso molecular 416,3 con una solubilidad en agua de 0,009 mg/l es el piretroide más presente en los sistemas acuáticos, siendo confirmado por el 73% de los investigadores.
2. El promedio de remoción de las cepas degradantes de piretroides en sistemas acuáticos se encuentra en un promedio del 80% al 100%, donde la cepa Bacillaceae presentando es la que presenta un mayor promedio de remoción con un 90%; ello debido al potencial biorremediador de las bacterias.
3. Los parámetros influyentes en las cepas degradadoras de piretroides son el pH, el tiempo de contacto y la temperatura. Siendo un tiempo adecuado para una mayor degradación de piretroides un promedio de 5 a 15 días después de la incubación y pasado el tiempo las bacterias podrían entrar a un periodo de muerte y por ende disminución del porcentaje de degradación; la temperatura se encuentra en el rango de 25 a 35°C, siendo esto corroborado por el 50% de los investigadores y un 45% encontró la mayor remoción con una temperatura mayor a 35°C, ya que pasados los 30 °C disminuye la biodegradación, y por último el pH óptimo es uno neutro donde un 95% de los investigadores usaron un pH de 6 a 8 como equilibrio para obtener una mayor degradación de piretroides.

VI. RECOMENDACIONES

En base al estudio realizado se puede recomendar a los futuros investigadores los siguientes puntos:

1. Realizar mayores investigaciones enfocados en cepa bacterianas para degradar piretroides en sistemas acuáticos; debido a que se pudo comprobar la falta de estudios enfocados en el medio acuático contaminado por piretroides, y las escasas investigaciones actuales existentes.
2. Se recomienda realizar estudios investigando la biodegradabilidad por especies microbianas para que se analice los genes involucrados en la degradación de pesticidas piretroides y evaluar el modelo matemático para la degradación de piretroides. De esta manera presentar alternativas de bioplaguicidas nocivos y eficaces.
3. Por último, se recomienda ampliar en estudios también aplicando especies de hongos y algas, para implicar más el campo de los métodos biodegradadores de piretroides en medios acuáticos.

BIBLIOGRAFÍA

1. AKELMA, H., et al. Pyrethroid intoxication: A rare case report and literature review. Nigerian journal of clinical practice, 2019, vol. 22, no 3, p. 442. Disponible en: https://doi.org/10.4103/njcp.njcp_241_18
2. ALEGRÍA-LOYOLA, Marco Antonio; GALNARES-OLALDE, Javier Andrés; MERCADO, Moisés. Tumores del sistema nervioso central. Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social, 2017, vol. 55, no 3, p. 330-340. Disponible en: ISSN: 0443-5117
3. ANJOS, Charlene S. dos; BIROLLI, Willian G.; PORTO, André LM. Biodegradation of the pyrethroid pesticide esfenvalerate by a bacterial consortium isolated from Brazilian Savannah. Journal of the Brazilian Chemical Society, 2020, vol. 31, p. 1654-1660. Disponible en: <https://doi.org/10.21577/0103-5053.20200051>
4. AWOYEMI, Olushola M., et al. Behavioral, molecular and physiological responses of embryo-larval zebrafish exposed to types I and II pyrethroids. Chemosphere, 2019, vol. 219, p. 526-537. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.12.026>
5. BIROLLI, Willian G., et al. Biodegradation of the pyrethroid pesticide esfenvalerate by marine-derived fungi. Marine Biotechnology, 2016, vol. 18, no 4, p. 511-520. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10126-016-9710-z>
6. BIROLLI, Willian G., et al. Biodegradation pathway of the pyrethroid pesticide esfenvalerate by bacteria from different biomes. Water, Air, & Soil Pollution, 2016, vol. 227, no 8, p. 1-11. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11270-016-2968-y>
7. BIROLLI, Willian G., et al. Enantioselective biodegradation of the pyrethroid (\pm)-lambda-cyhalothrin by marine-derived fungi. Chemosphere, 2018, vol. 197, p. 651-660. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.01.054>
8. BIROLLI, Willian G., et al. The pyrethroid (\pm)-lambda-cyhalothrin enantioselective biodegradation by a bacterial consortium. Pesticide

biochemistry and physiology, 2019, vol. 156, p. 129-137. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2019.02.014>

9. BOFF, Samuel, et al. Changes in social behavior are induced by pesticide ingestion in a Neotropical stingless bee. *Ecotoxicology and environmental safety*, 2018, vol. 164, p. 548-553. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.08.061>
10. BRAGANÇA, Idalina, et al. Phytotoxicity of pyrethroid pesticides and its metabolite towards *Cucumis sativus*. *Science of the Total Environment*, 2018, vol. 619, p. 685-691. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.11.164>
11. CAI, Xianghai, et al. Autotransporter domain-dependent enzymatic analysis of a novel extremely thermostable carboxylesterase with high biodegradability towards pyrethroid pesticides. *Scientific reports*, 2017, vol. 7, no 1, p. 1-11. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41598-017-03561-8>
12. CÁRCAMO, Juan Guillermo, et al. Consecutive emamectin benzoate and deltamethrin treatments affect the expressions and activities of detoxification enzymes in the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 2017, vol. 191, p. 129-137. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2016.10.004>
13. CHANG, Jing, et al. Enantioselective elimination and gonadal disruption of lambda-cyhalothrin on lizards (*Eremias argus*). *Journal of agricultural and food chemistry*, 2019, vol. 67, no 8, p. 2183-2189. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b05990>
14. CHEN, Shaohua, et al. Monooxygenase, a novel beta-cypermethrin degrading enzyme from *Streptomyces* sp. *PloS one*, 2014, vol. 8, no 9, p. e75450. Disponible en: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0075450>
15. CHRUSTEK, Agnieszka, et al. Current research on the safety of pyrethroids used as insecticides. *Medicina*, 2018, vol. 54, no 4, p. 61. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/medicina54040061>

16. CYCOŃ, Mariusz; PIOTROWSKA-SEGET, Zofia. Pyrethroid-degrading microorganisms and their potential for the bioremediation of contaminated soils: a review. *Frontiers in microbiology*, 2016, vol. 7, p. 1463. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01463>
17. DAS, Swati; DAS, Sovik; GHANGREKAR, M. M. Quorum-sensing mediated signals: a promising multi-functional modulators for separately enhancing algal yield and power generation in microbial fuel cell. *Bioresource technology*, 2019, vol. 294, p. 122138. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122138>
18. DÓREA, José G. Exposure to environmental neurotoxic substances and neurodevelopment in children from Latin America and the Caribbean. *Environmental research*, 2020, p. 110199. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110199>
19. ENSLEY, Steve M. Pyrethrins and pyrethroids. En *Veterinary toxicology*. Academic Press, 2018. p. 515-520. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811410-0.00039-8>
20. FAN, Xinjiong, et al. Identification and immobilization of a novel cold-adapted esterase, and its potential for bioremediation of pyrethroid-contaminated vegetables. *Microbial cell factories*, 2017, vol. 16, no 1, p. 1-12. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12934-017-0767-9>
21. FAN, Xinjiong, et al. Identification and characterization of a novel thermostable pyrethroid-hydrolyzing enzyme isolated through metagenomic approach. *Microbial cell factories*, 2012, vol. 11, no 1, p. 1-11. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/1475-2859-11-33>
22. GALADIMA, Musa, et al. Toxicity, Microbial Degradation and Analytical Detection of Pyrethroids: A Review. *Environmental Advances*, 2021, p. 100105. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envadv.2021.100105>
23. GANGOLA, Saurabh, et al. Presence of esterase and laccase in *Bacillus subtilis* facilitates biodegradation and detoxification of cypermethrin. *Scientific reports*, 2018, vol. 8, no 1, p. 1-11. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41598-018-31082-5>

24. GEORGIADIS, Nikolaos, et al. Pesticides and cardiotoxicity. Where do we stand?. *Toxicology and applied pharmacology*, 2018, vol. 353, p. 1-14. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.taap.2018.06.004>
25. GUIDA, Yago, et al. Occurrence of pyrethroids in the atmosphere of urban areas of Southeastern Brazil: Inhalation exposure and health risk assessment. *Environmental Pollution*, 2021, p. 118020. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118020>
26. HU, Kaidi, et al. Simultaneous degradation of β -cypermethrin and 3-phenoxybenzoic acid by *Eurotium cristatum* ET1, a novel "golden flower fungus" strain isolated from Fu Brick Tea. *MicrobiologyOpen*, 2019, vol. 8, no 7, p. e00776. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/mbo3.776>
27. HUNT, Lisa, et al. Insecticide concentrations in stream sediments of soy production regions of South America. *Science of the Total Environment*, 2016, vol. 547, p. 114-124. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.12.140>
28. KEDARI, Vinod, et al. D-transallethrin: An unusual agent for accidental poisoning. *Medical Journal of Dr. DY Patil University*, 2016, vol. 9, no 2, p. 244. Disponible en: <https://doi.org/10.4103/0975-2870.168008>
29. LAFARGUE, Gertrudis Lara, et al. Piretrinas y Piretroides. *Anuario Ciencia en la UNAH*, 2018, vol. 16, no 1.
30. LIU, Xing; LIEBERMAN, Judy. A mechanistic understanding of pyroptosis: the fiery death triggered by invasive infection. *Advances in immunology*, 2017, vol. 135, p. 81-117. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/bs.ai.2017.02.002>
31. LALAH, Joseph O., et al. Assessment of potential risks and effectiveness of agrochemical usage in a catchment: a case study of the Nzoia Nucleus Estate sugarcane farms in western Kenya. En *Integrated Analytical Approaches for Pesticide Management*. Academic Press, 2018. p. 235-259. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816155-5.00016-6>
32. LUO, Xiangwen, et al. Cloning and characterization of a pyrethroid pesticide decomposing esterase gene, Est3385, from *Rhodopseudomonas palustris*

- PSB-S. Scientific reports, 2018, vol. 8, no 1, p. 1-8. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41598-018-25734-9>
33. MARICAN, Adolfo; DURÁN-LARA, Esteban F. A review on pesticide removal through different processes. *Environmental Science and Pollution Research*, 2018, vol. 25, no 3, p. 2051-2064. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0796-2>
34. MATSUO, Noritada. Discovery and development of pyrethroid insecticides. *Proceedings of the Japan Academy, Series B*, 2019, vol. 95, no 7, p. 378-400. Disponible en: <https://doi.org/10.2183/pjab.95.027>
35. QI, Suzhen, et al. Flumethrin at sublethal concentrations induces stresses in adult honey bees (*Apis mellifera* L.). *Science of the Total Environment*, 2020, vol. 700, p. 134500. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134500>
36. RAMYA, Kaliamoorthi; VASUDEVAN, Namasivayam. Biodegradation of synthetic pyrethroid pesticides under saline conditions by a novel halotolerant *Enterobacter ludwigii*. *Desalin. Water Treat*, 2020, vol. 173, p. 255-266. Disponible en: <https://doi.org/10.5004/dwt.2020.24791>
37. SAILLENFAIT, Anne-Marie; NDIAYE, Dieynaba; SABATÉ, Jean-Philippe. Pyrethroids: exposure and health effects—an update. *International journal of hygiene and environmental health*, 2016, vol. 218, no 3, p. 281-292. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2015.01.002>
38. SHARMA, Anita, et al. Novel pathway of cypermethrin biodegradation in a *Bacillus* sp. strain SG2 isolated from cypermethrin-contaminated agriculture field. *3 Biotech*, 2016, vol. 6, no 1, p. 45. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s13205-016-0372-3>
39. SINGH, Hemindermeet, et al. Transient complete heart block secondary to bed bug insecticide: a case of pyrethroid cardiac toxicity. *Cardiology*, 2016, vol. 135, no 3, p. 160-163. Disponible en: <https://doi.org/10.1159/000446574>

40. SKOLARCZYK, Justyna; PEKAR, Joanna; NIERADKO-IWANICKA, Barbara. Immune disorders induced by exposure to pyrethroid insecticides. *Postepy higieny i medycyny doswiadczalnej (Online)*, 2017, vol. 71, p. 446-453. Disponible en: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0010.3827>
41. Soderlund, D. M. (2019). Neurotoxicology of pyrethroid insecticides. *Advances in Neurotoxicology*. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/bs.ant.2019.11.00>
42. TANG, Ai-Xing, et al. Purification and characterization of a novel β -cypermethrin-degrading aminopeptidase from *Pseudomonas aeruginosa* GF31. *Journal of agricultural and food chemistry*, 2017, vol. 65, no 43, p. 9412-9418. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b03288>
43. TANG, Jie, et al. Isolation, identification, and fenvalerate-degrading potential of *Bacillus licheniformis* CY-012. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 2018, vol. 32, no 3, p. 574-582. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/13102818.2018.1438210>
44. TANG, Jie, et al. Screening of a beta-cypermethrin-degrading bacterial strain *Brevibacillus parabrevis* BCP-09 and its biochemical degradation pathway. *Biodegradation*, 2018, vol. 29, no 6, p. 525-541. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10532-018-9850-0>
45. TIAN, Jiewei, et al. Screening cyhalothrin degradation strains from locust epiphytic bacteria and studying *Paracoccus acridae* SCU-M53 cyhalothrin degradation process. *Environmental Science and Pollution Research*, 2018, vol. 25, no 12, p. 11505-11515. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1410-y>
46. URKUDE, Rashmi; DHURVEY, Varsha; KOCHHAR, Sonika. Pesticideresidues in beverages. *En Quality control in the Beverage industry*. Academic Press, 2019. p. 529-560. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816681-9.00015-1>
47. VIEIRA, Carlos Eduardo Delfino; DOS REIS MARTINEZ, Claudia Bueno. The pyrethroid λ -cyhalothrin induces biochemical, genotoxic, and physiological alterations in the teleost *Prochilodus lineatus*. *Chemosphere*, 2018, vol. 210, p. 958-967. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.07.115>

48. Wallace, D. R., & Djordjevic, A. B. (2020). Nervous system. An Introduction to Interdisciplinary Toxicology, 261–282. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-813602-7.00020-x>
49. WANG, Chunlei, et al. Combined toxicity of pyrethroid insecticides and heavy metals: a review. Environmental Chemistry Letters, 2019, vol. 17, no 4, p. 1693-1706. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10311-019-00905-w>
50. WANG, Ji-Zhong, et al. Occurrence, compositional distribution, and toxicity assessment of pyrethroid insecticides in sediments from the fluvial systems of Chaohu Lake, Eastern China. Environmental Science and Pollution Research, 2016, vol. 23, no 11, p. 10406-10414. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11356-015-5831-6>
51. WEIS, Leticia, et al. Potential for bifenthrin removal using microalgae from a natural source. Water Science and Technology, 2020, vol. 82, no 6, p. 1131-1141. Disponible en: <https://doi.org/10.2166/wst.2020.160>
52. WERNER, Inge; YOUNG, Thomas M. Pyrethroid insecticides—Exposure and impacts in the aquatic environment. Della Sala DA, Goldstein MI, editors, 2018, p. 119-126. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809665-9.09992-4>
53. WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO), et al. Pesticide Evaluation Scheme, Vector Ecology and Management. World Health Organization: Geneva, Switzerland, 2016.
54. XIAO, Ying y col. Aislamiento de una nueva cepa degradadora de beta-cipermetrina Bacillus subtilis BSF01 y su vía de biodegradación. Microbiología y biotecnología aplicadas , 2015, vol. 99, no 6, pág. 2849-2859. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00253-014-6164-y>
55. XUE, Qingping, et al. Association between pyrethroid exposure and cardiovascular disease: A national population-based cross-sectional study in the US. Environment International, 2021, vol. 153, p. 106545. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106545>

56. YANG, Jack, et al. Potential influence of p16 immunohistochemical staining on the diagnosis of squamous cell lesions in cervical biopsy specimens: observation from cytologic-histologic correlation. *Cancer cytopathology*, 2018, vol. 126, no 12, p. 1003-1010. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/cncy.22063>
57. ZHAN, Hui, et al. New insights into the microbial degradation and catalytic mechanism of synthetic pyrethroids. *Environmental research*, 2020, vol. 182, p. 109138. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109138>
58. ZHAN, Hui, et al. Kinetics and novel degradation pathway of permethrin in *Acinetobacter baumannii* ZH-14. *Frontiers in microbiology*, 2018, vol. 9, p. 98. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00098>
59. ZHANG, Xiaoqing, et al. Isolation and identification of the *Raoultella ornithinolytica*-ZK4 degrading pyrethroid pesticides within soil sediment from an abandoned pesticide plant. *Archives of microbiology*, 2019, vol. 201, no 9, p. 1207-1217. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00203-019-01686-0>
60. ZHANG, Hao, et al. Biodegradation potential of deltamethrin by the *Bacillus cereus* strain Y1 in both culture and contaminated soil. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 2016, vol. 106, p. 53-59. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2015.10.005>
61. ZHAO, Jiayuan, et al. Co-metabolic degradation of β -cypermethrin and 3-phenoxybenzoic acid by co-culture of *Bacillus licheniformis* B-1 and *Aspergillus oryzae* M-4. *PLoS One*, 2016, vol. 11, no 11, p. e0166796. Disponible en: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0166796>
62. ZHU, Qiuyan, et al. Synthesis, insecticidal activity, resistance, photodegradation and toxicity of pyrethroids (A review). *Chemosphere*, 2020, vol. 254, p. 126779. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126779>
63. ZHU, Yuan-ting, et al. Screening of lactic acid bacteria strains for their ability to bind phthalate monoesters in vitro and the binding characteristics. *Food Control*, 2018, vol. 90, p. 364-371. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.02.013>

64. ZHU, Yuanting, et al. Degradation of 3-phenoxybenzoic acid by a filamentous fungus *Aspergillus oryzae* M-4 strain with self-protection transformation. *Applied microbiology and biotechnology*, 2016, vol. 100, no 22, p. 9773-9786. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00253-016-7847-3>

ANEXOS

ANEXOS N° 1:

	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO	
DATOS DEL AUTOR: NOMBRE(S)		
PAGINAS UTILIZADAS	AÑO DE PUBLICACION	LUGAR DE PUBLICACION
TIPO DE INVESTIGACION:		
CÓDIGO:		
PALABRAS CLAVES :		
PROPIEDADES FISCOQUÍMICAS:		
PROMEDIO DE REMOCIÓN:		
PARÁMETROS INFLUYENTES EN LAS CEPAS DEGRADADORAS DE PIRETROIDES:		
RESULTADOS :		
CONCLUSIONES:		

Elaboración propia

Anexo N° 2: Tabla de bacterias degradadoras de piretroides

Cepa bacteriana	Tipo	Piretroide (s)	Porcentaje de remoción	Temperatura y pH óptimo	Referencia
<i>Rhodopseudomonas palustris</i> PSB-S	Bradyrhizobiaceae	Fenpropathrin	Tiempo 10 horas Degradación: 80%	35 °C, pH 6.0	Luo Xiangwen et al., 2018
<i>Pseudomonas synxantha</i> PS1	Pseudomonadaceae	Cipermetrina; Fenproatrina; Fenvalerato; Bifentrina	Tiempo: 14 horas Degradación 87%	60 °C, pH 8.0	Cai Xianghai et al., 2017
<i>Lysinibacillus xylanilyticus</i> CBMAI 2085	Bacillaceae	Esfenvalerato	Tiempo: 12 días Degradación: 90%	32°C, pH 7.0	Anjos Charlene et al., 2020
<i>Bacillus</i> sp.	Bacillaceae	Cipermetrina	Tiempo: 15 días Degradación: 92%	30°C pH 7.0	Birilli William G. et al., 2019
<i>Bacillus</i> sp.	Bacillaceae	Cipermetrina	Tiempo: 15 días Degradación: 81,6%	30 °C pH 7.0	Sharma Anita et al., 2016
<i>Bacillus cereus</i>	Bacillaceae	Deltametrina	Tiempo: 25 días Degradación: 99,4%	30 °C pH 7.0	Zhang Hao et al., 2016
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> GF31	Pseudomonadaceae	β-Cipermetrina	Degradación: 85%	60 °C, pH 7.0	Tang Ai Xing et al., 2017
<i>Streptomyces</i> sp.	Streptomycetaceae	β-Cipermetrina	Tiempo: 6 horas Degradación: 85%	30 °C, pH 7.5	Chen Shaohua et al., 2014
<i>Mao-tofu metagenome</i>	Esterase	Cihalotrina; Cipermetrina; Fenvalerato	Tiempo: 6 horas Degradación: 85%	18 °C, pH 7.0	Fan Xinjong et al., 2017
<i>Curtobacterium</i> sp. CBMAI 1834, <i>Bacillus</i> sp. 2B, <i>Lysinibacillus</i> sp. CBMAI 1837, <i>Bacillus</i> sp. 4T, <i>Kocuria</i> sp. CBMAI 135, <i>Kocuria</i> sp. CBMAI 136, <i>Kocuria marina</i> CBMAI 141, <i>Kocuria</i> sp. CBMAI 145), <i>Bacillus</i> sp.	Actinomycetales	Esfenvalerate	Tiempo: 9 horas Degradación: 90%	55 °C, pH 6.5	Birilli William G. et al., 2016

<i>P5CBNB, Cossackonia sp. CBMAI 1836, Bacillus sp. CBMAI 1833, y Kosakonia sp. CBMAI 1835</i>					
<i>Acinetobacter baumannii ZH-14</i>	Moraxellaceae	Permetrina; Deltametrina; Bifentrina; Fenpropatrina; Cihalotrina; β -Cipermetrina	Degradación: Tiempo: 72 horas Permetrina: 100% Tiempo: 48 horas Permetrina: 92, 4%	121 ° C, pH 7,0	Zhan Hui et al., 2018
<i>Acremonium sp. CBMAI 1676</i>	Hypocreaceae	Esfenvalerate	Tiempo: 14 días Degradación: 90%	40 °C, pH 7.0	Birilli Willian G. et al., 2016
<i>Bacillus licheniformis CY-012</i>	Bacillaceae	β -Cipermetrina	Tiempo: 72 horas Degradación: 78,85%	30 °C, pH 7,0 y 7,5	Zhao Jiayuan et al., 2016
<i>Bacillus licheniformis CY-012</i>	Bacillaceae	Fenvalerato	Degradación: 91%	40°C , pH 7,48	Tang Jie et al., 2018
<i>Bacillus subtilis 1D</i>	Bacillaceae	Cipermetrina	Tiempo: 15 días Degradación: 95%	45 °C, pH 6.5	Gangola Saurabh et al., 2018
<i>Brevibacillus parabrevis BCP-09</i>	Bacillaceae	Cipermetrina	Tiempo: 3 días Degradación: 75,87%	38.9 °C, pH 7,41	Tang Jie et al., 2018
<i>Paracoccus acridae SCU-M53</i>	Rhodobacteraceae	Cialotrina	Tiempo: 2 días Degradación: 79,84%	28 °C, pH 7	Tian Jiewei et al., 2018
<i>Pseudomonas fulva P31</i>	Pseudomonadaceae	D-Fenotrina; Permetrina; Cihalotrina; β -Cipermetrina; Deltametrina; Fenpropatrina; Bifentrina	Degradación: >89%	35 °C, pH 7	Yang Jack et al., 2018

<i>Raoultella ornithinolytica</i> -ZK4	Enterobacterias	Lambda - cihalotrina Deltametrina	Degradación: Lambda-cyhalothrin: 55% Deltamethrin: 53%	37°C, pH 6.5	Zhang Xiaoqing et al., 2019
<i>Curtobacterium</i> sp; <i>Bacillus</i> spp.; <i>Pseudomonas</i> sp.	Microbacteriaceae	Lambda cialotrina	Tiempo: 28 días Degradación: 44,8%	% de degradación: 20,8-44,8% 35 °C, pH 7.5	Birilli Willian G. et al., 2018

Elaboración propia