



UNIVERSIDAD TECNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA, PESCA
Y VETERINARIA
CARRERA DE AGRONOMÍA



TRABAJO DE TITULACIÓN

Componente práctico del examen de carácter Complexivo,
presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito
previo para obtener el título de:

INGENIERA AGRÓNOMA

TEMA:

Importancia del conocimiento de las Propiedades fisicoquímicas
del herbicida Propanil.

AUTORA:

Isamar Elizabeth Valverde Martínez

TUTOR:

Ing. Agr. Dalton Leonardo Cadena Piedrahita, Ph.D.

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2024

RESUMEN

El presente análisis se centra en la relevancia de comprender las características fisicoquímicas del herbicida Propanil en el contexto agrícola. Este compuesto, ampliamente aplicado en cultivos como el arroz, exhibe propiedades que inciden en su permanencia en el suelo y su eficacia en el control de malezas. La singular estructura molecular del Propanil determina atributos tales como su capacidad de disolverse en agua, su volatilidad, y su habilidad para adherirse a la materia orgánica del suelo, influyendo así en su movilidad y toxicidad en el ambiente agrícola. Además, resulta crucial tener un conocimiento detallado de las especies de malezas que el Propanil controla, como *Echinochloa* spp. y *Leptochloa* spp., para comprender su impacto en los ecosistemas circundantes. Enfatizamos la importancia de realizar evaluaciones exhaustivas sobre los efectos del Propanil en la biodiversidad y salud del suelo, así como en la implementación de estrategias de manejo integrado de malezas para mitigar los riesgos ambientales inherentes a su utilización en la agricultura.

PALABRAS CLAVES: Propanil, características fisicoquímicas, persistencia en suelo, control de malezas, agricultura.

SUMMARY

The present analysis focuses on the relevance of understanding the physicochemical characteristics of the herbicide Propanil in the agricultural context. This compound, widely applied in crops such as rice, exhibits properties that affect its permanence in the soil and its effectiveness in controlling weeds. The unique molecular structure of Propanil determines attributes such as its ability to dissolve in water, its volatility, and its ability to adhere to soil organic matter, thus influencing its mobility and toxicity in the agricultural environment. Additionally, it is crucial to have detailed knowledge of the weed species that Propanil controls, such as *Echinochloa* spp. and *Leptochloa* spp., to understand their impact on surrounding ecosystems. We emphasize the importance of carrying out exhaustive evaluations of the effects of Propanil on biodiversity and soil health, as well as the implementation of integrated weed management strategies to mitigate the environmental risks inherent to its use in agriculture.

KEY WORDS: Propanil, physicochemical characteristics, persistence in soil, weed control, agriculture.

Contenido

RESUMEN.....	II
SUMMARY	III
1. CONTEXTUALIZACIÓN.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.3 JUSTIFICACIÓN	3
1.3. OBJETIVOS.....	4
1.3.1. Objetivo general	4
1.4. LÍNEAS DE INVESTIGACIÒN.....	4
2. DESARROLLO	5
2.1. MARCO CONCEPTUAL.....	5
2.1.1 Generalidades	5
2.1.2. Propiedades físico químicas del Propanil	7
Estructura molecular	7
2.1.3. Uso del Propanil en la agricultura	10
Cultivo de aplicación	10
Hojas	12
Flor: Las flores del arroz se encuentran reunidas en una estructura floral llamada panícula. Esta panícula está ubicada en el nudo apical del tallo, conocido como nudo ciliar o base de la panícula, y generalmente adopta la forma de un arco con cilios. La parte inferior de la panícula se conoce como cuello.(Oscar Arrogeces 1978)	12
Semilla.....	12
2.1.4. Impacto ambiental del propanil	15
Toxicidad para organismos.....	15
2.1.5. Estrategias de manejo del integrado del propanil.....	17

2.1.5.1 Alternativas al propanil.....	17
Alternativas de control de malezas	17
2.2. MARCO METODOLÓGICO	21
2.3. RESULTADOS	22
2.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	23
3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	24
3.1. CONCLUSIONES.....	24
3.2. RECOMENDACIONES	27
4. REFERENCIAS Y ANEXOS	28
4.1. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28
.....	34

1. CONTEXTUALIZACIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

Las características fisicoquímicas de los herbicidas en las plantas se refieren a una serie de reacciones químicas que tienen lugar en las moléculas de los herbicidas una vez que ingresan a la planta, lo que resulta en la alteración de sus propiedades fisicoquímicas originales. Este proceso metabólico es un factor fisiológico de gran importancia para la selectividad, ya que en muchos casos se ha demostrado que la habilidad de una planta para sobrevivir a la aplicación de un herbicida está estrechamente ligada a su capacidad para metabolizarlo. (Ortiz y Munive 2022).

El propanil es uno de los herbicidas más frecuentemente utilizado para el cultivo de arroz y de acuerdo con el Ministerio de Protección Social de Colombia este herbicida se encuentra catalogado como ligeramente peligroso para la salud humana (categoría toxicológica III). Aunque la mortalidad suele ser baja, esto puede variar en función del compuesto químico, el nivel y la vía de exposición. Por lo cual un rápido reconocimiento de la sustancia afectante es de utilidad en el inicio de manejo (Avellaneda *et al.* 2023).

El presente estudio tiene la finalidad de proporcionar información útil para aquellos agricultores que tienden a utilizar herbicidas químicos como el propanil puesto que contiene propiedades físico-químicas en la cual se podrá evidenciar la categoría toxicológica, el coeficiente de adsorción de carbono orgánico, la solubilidad en agua, la volatilidad, el momento dipolar y la capacidad calorífica, lo cual permite tener una mejor participación en las actividades de control de maleza.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Hoy en día, el desarrollo de resistencia de las malezas al propanil está asociado con su uso repetido. Por lo tanto, comprender las características fisicoquímicas de los herbicidas facilita la implementación de estrategias de manejo integrado que reducen la presión selectiva sobre las poblaciones de malezas y minimizan el riesgo de resistencia. Es por tal razón, que cabe mencionar que las propiedades del propanil también pueden afectar su capacidad de persistir.

Es por ello, que se considera crucial el conocimiento de estos aspectos para evaluar y mitigar los riesgos para la salud humana derivados de la exposición a herbicidas químicos. De tal manera, las propiedades fisicoquímicas del propanil, como su toxicidad para organismos no objetivo, tienen efectos directos sobre la biodiversidad de los ecosistemas circundantes, por lo que es imprescindible el conocimiento del efecto que forman parte de un aporte fundamental, lo que promueve el desarrollo de estrategias de conservación y gestión de la biodiversidad.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Actualmente muchos agricultores principalmente enfocados en la siembra del cultivo de arroz hacen uso de herbicidas químicos, sin conocer la formulación, el contenido y principalmente las propiedades fisicoquímicas que posee el método de control químico, por lo que surge la necesidad de inducir la información correspondiente del alcance de la aplicación que puede presentar este herbicida,

Al tener en cuenta esta necesidad, la presente investigación se enfocó en el conocimiento de las propiedades fisicoquímicas con la finalidad de implementar prácticas agrícolas sostenibles. Además de entender la persistencia del herbicida en el suelo y su potencial impacto en los ecosistemas de modo que fomente a los agricultores a tomar decisiones informadas sobre la particularidad que posee este herbicida químico en relación a la gestión del suelo para reducir la acumulación de residuos.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Resaltar la importancia de las propiedades fisicoquímicas del propanil para comprender su comportamiento

Objetivos específicos

Detallar las afecciones edáficas del propanil.

Describir las afecciones ambientales del propanil en la agricultura.

1.4. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Dominio: Recursos Agropecuarios, ambiente, biodiversidad y Biotecnología.

Línea: Desarrollo agropecuario, agroindustrial sostenible y sustentable.

Sublínea: Agricultura sostenible y sustentable

2. DESARROLLO

2.1. MARCO CONCEPTUAL

2.1.1 Generalidades

Los pesticidas son un importante componente en la agricultura moderna ya que ayudan a controlar plagas y enfermedades en los cultivos. Se clasifican en 4 grandes grupos: fungicidas, insecticidas, bactericidas y herbicidas. Los pesticidas están diseñados para interrumpir el funcionamiento normal de los organismos, ya sea interrumpiendo las vías metabólicas, atacando al sistema nervioso, etc. Desafortunadamente en muchos casos, estos compuestos químicos no son completamente selectivos hacia el objetivo determinado, ya que al ser rociados en los cultivos y suelos, generan residuos en las aguas superficiales y subterráneas, en frutas, verduras y agua potable, causando un impacto en el medio ambiente. Además de esto, los efectos a largo plazo en los seres humanos no se comprenden completamente, haciendo necesario la disminución del uso de estos pesticidas.(MARTÍN IGNACIO PÉREZ PEREIRA 2020)

El herbicida Propanil, conocido químicamente como 3,4-dicloropropionanilina, es ampliamente empleado para el control de malezas, especialmente la hierba de corral, en los cultivos de arroz a nivel global. Su aplicación en la etapa post-emergencia del arroz constituye uno de los tratamientos herbicidas más comunes en regiones de América y Asia. En Estados Unidos, se ha mantenido entre los veinte principales plaguicidas utilizados en la agricultura durante varios años. Se estima que, hasta el año 2006, se utilizaron alrededor de 3175 toneladas de Propanil en total a nivel nacional, cubriendo aproximadamente entre el 50% y el 70% de la superficie destinada al cultivo de arroz. En China, donde los herbicidas son ampliamente utilizados en la agricultura del arroz, el Propanil figura como uno de los principales herbicidas aplicados en las regiones del sur del país.(Xiao et al. 2016)

En línea con lo previamente mencionado, se puede afirmar que un herbicida es un producto agrícola empleado para eliminar plantas no deseadas, también

conocidas como malezas, en áreas destinadas a la agricultura. Estos productos funcionan al afectar el crecimiento de las malezas y a menudo se basan en la interferencia con las hormonas de las plantas. Por consiguiente, en el presente texto se proporciona una clasificación de los distintos tipos de herbicidas, así como se ofrece orientación sobre cuándo utilizar cada uno de ellos.(Mayorga Arias et al. 2019)

El Propanil es el herbicida que se aplica en mayor cantidad, aparte de que su producción requiere un mayor aporte de energía para la elaboración de su materia activa, en comparación con el resto de productos fitosanitarios.(Colejo Blanco 2017)

Es importante destacar que cualquier planta que crece de manera espontánea en áreas cultivadas o controladas por humanos, como campos agrícolas o jardines, recibe el término genérico de maleza, también conocida como mala hierba, yuyo, planta arvense, monte o planta no deseada. Estas plantas compiten con los cultivos por los recursos necesarios para su desarrollo, incluyendo luz, agua y nutrientes del suelo, que son indispensables para su crecimiento y reproducción.(Mayorga Arias et al. 2019)

Es la propiedad de ciertos herbicidas a adherirse a los coloides minerales y orgánicos del suelo, de manera que estos no quedan fácilmente disponibles para la absorción radical por las plantas, dando como resultado un menor efecto fitotóxico del herbicida. Tanto los suelos como los herbicidas tienen diferente capacidad de adsorber y ser adsorbidos, entre mayor cantidad sea adsorbido por el suelo, mayor es la cantidad que se necesita del herbicida para obtener el efecto deseado. El proceso de adsorción es reversible, un ejemplo puede ser cuando a un suelo donde existen fuertes retenciones, le cae una fuerte precipitación o la aplicación de agua de riego provocando que la cantidad de herbicida disuelto disminuya por lixiviación. Tomando en cuenta la ley general de dispersión, es difícil que los procesos de adsorción retengan cada vez mayor cantidad de herbicidas en el suelo.(Acuña s. f.)

La resistencia de malezas a herbicidas es un fenómeno que se ha venido incrementando a escala mundial; son muchos los casos de resistencia que se reportan en el cultivo de arroz que involucran productos que hoy en día se aplican comercialmente. La resistencia de malezas a herbicidas es un proceso por el cual el control de una maleza con un determinado herbicida se hace cada vez más difícil, se debe a una presión de selección por la aplicación continua con un mismo producto, lo que conlleva a un incremento de individuos que son natural y genéticamente resistentes; es decir, la resistencia es una habilidad de una maleza a sobrevivir a un herbicida a una dosis que normalmente se controla (Hernández 2002)

2.1.2. Propiedades físico químicas del Propanil

Estructura molecular

El Propanil, también conocido como 3,4-DPA, es un herbicida selectivo de contacto utilizado en el arroz después de la germinación de las malas hierbas. Actúa inhibiendo la fotosíntesis de las malas hierbas, lo que causa manchas amarillas y necrosis en las hojas. En condiciones de pH extremo, se descompone en 3,4-DCA y ácido propanoico, pero en condiciones normales de pH, permanece estable. Además, se degrada rápidamente en agua cuando expuesto a la luz solar (Martín Ignacio Pérez Pereira 2020)

Solubilidad en agua: El Propanil en su forma técnica se presenta como un sólido de color marrón con una solubilidad de 225 mg/l en agua y 540 mg/l en etanol a una temperatura de 25°C. Mantiene su estabilidad en emulsiones concentradas, pero sufre hidrólisis en medios ácidos o alcalinos, lo que resulta en la formación de 3,4-dicloroanilina y ácido propiónico. La vida media del herbicida Propanil varía según el tipo de agua: alrededor de 60 días en aguas continentales como las de un lago, 55 días en aguas de ríos, 57 días en agua marina, 40 días en aguas subterráneas y 44 días en agua destilada.(Villarreal Utrillas 2004)

El Propanil, por el contrario, en los reactores discontinuos de microalgas, fue completamente eliminado después de 2 días ($p < 0,01$), mientras que en los

reactores abióticos y termo alimentados, la concentración de propanil se mantuvo constante durante los 7 días. Esto sugiere que la degradación del propanil se atribuye exclusivamente al consorcio activo de microalgas. Aunque se ha informado sobre la fotólisis directa e indirecta del propanil en otros estudios, no se observó en los reactores abióticos en nuestro experimento. Nuestros hallazgos están en línea con investigaciones previas que indican que el propanil no es susceptible a la hidrólisis química y se lo que destaca la biodegradación como la principal vía de disipación en los sistemas acuáticos.(Avila et al. 2022)

El estudio evaluó la capacidad del modelo RICEWQ-VADOFT para predecir la lixiviación del propanil en arrozales. Utilizando datos recolectados de cinco arrozales en la región sur de la cuenca del río Axios, se encontró que el modelo pudo predecir con precisión las concentraciones de propanil que se filtraron hacia las capas más profundas del suelo. Aunque el modelo mostró un buen desempeño en tres de los campos evaluados según los valores de Error Cuadrático Medio (RMSE) y Eficiencia de Modelado (EF), se observaron discrepancias en dos arrozales. Estas discrepancias se atribuyeron a la presencia de mecanismos de flujo preferencial específicos en esos campos, lo que facilitó un transporte rápido de altas concentraciones de propanil hacia las capas más profundas del suelo, un fenómeno que el modelo no pudo anticipar.(Karpouzas et al. 2005)

Persistencia en el suelo: La degradación del propanil en el suelo utilizando un cultivo combinado de *A. baumannii* DT y *Pseudomonas* sp. Se encontró que no había una diferencia significativa en los porcentajes de degradación del propanil entre los sustratos puros y el herbicida en el suelo. Se observó que la degradación del propanil era más rápida que la del butaclor, y se encontró que el aumento de bacterias mejoraba la eficiencia de la remediación del propanil. En suelos de arroz no estériles, la vida media del propanil fue de aproximadamente 1 día con el aumento de bacterias, en comparación con casi 3 días sin este aumento. La degradación abiótica del propanil no superó el 10% después de 15 días (Duc et al. 2020)

La mineralización del propanil en el suelo se vio afectada por la cantidad de

agua presente en el suelo y por las dosis de herbicidas utilizadas durante las pruebas de 60 días, utilizando aplicaciones de ¹⁴C-propanil y ¹⁴C-propanil con clomazona. La presencia de clomazona aceleró la mineralización del propanil en ambas dosis y niveles de humedad del suelo, con un efecto máximo en pruebas de 60 días con dosis más altas de herbicidas. Después de 30 días, la mayor parte del residuo de ¹⁴C se distribuyó entre el agua y el suelo del microcosmos, con solo una pequeña cantidad presente en los peces.(Ríos 2008)

De acuerdo con investigaciones anteriores, se han desarrollado diversas tecnologías de tratamiento para la eliminación del propanil, como la biodegradación, la degradación foto catalítica y la oxidación electroquímica. Sin embargo, en el proceso de biodegradación, se ha observado que se necesita un período prolongado de tratamiento, a veces más de 5 días e incluso hasta más de 40 días en ciertos casos, para lograr una degradación completa, Además, durante este proceso, se han detectado la formación de productos intermedios más tóxicos, como el 3,4-DCA, lo que dificulta aún más la eficacia de la biodegradación como enfoque ecológico para el tratamiento del propanil.(Li et al. 2021)

Absorción de carbono orgánico: La presencia de ácidos orgánicos y materia orgánica disuelta en el suelo afecta la adsorción del propanil. Cuando se carga ácido tánico sobre el carbono negro, se reduce su área superficial debido a la obstrucción de los microporos, lo que disminuye la capacidad del carbono negro para retener el propanil y otros pesticidas. Esta reducción en la adsorción de propanil es más notable en presencia de ácido tánico, indicando que la obstrucción de los microporos por este ácido orgánico afecta la retención del propanil por parte del carbono negro.(Qiu et al. 2009)

Cuando hay materia orgánica en el suelo, la absorción de propanil por parte del carbono negro disminuye. Esto está influenciado por el tamaño y la carga de las moléculas orgánicas presentes. Se observaron diferencias en la capacidad de dos tipos de carbono negro, uno convencional y otro modificado, para absorber propanil y materia orgánica. Algunas moléculas orgánicas, como el ácido tánico y la pentagalactoglucosa, reducen más la absorción de propanil que otras. La manera

en que estas moléculas se adhieren al carbono puede obstruir los espacios donde se absorbe el propanil, lo que afecta la cantidad que el carbono puede retener.(Xiao et al. 2012) Sin embargo, el propanil exhibió una eliminación independiente de la temperatura en condiciones abióticas. Esto implica que el proceso biótico juega un papel fundamental a mayor temperatura.(Abdelrady et al. 2019)

Volatilidad: El análisis aborda la capacidad de movimiento del herbicida propanil en diversos suelos y condiciones. Se investigaron aspectos como la esterificación mediante metilo, la utilización de surfactantes y el nivel de acidez del suelo, y su repercusión en la movilidad del propanil. Se constató que tanto el propanil como sus derivados presentaban una movilidad reducida en comparación con otros productos químicos para el control de plagas. Además, se exploró la tendencia del propanil a volatilizarse en función de las particularidades del suelo, evidenciando que esta característica también estaba influenciada por factores como la esterificación y el pH del suelo.(Helling 1971)

Es importante distinguir entre deriva y volatilización: la deriva se refiere al desplazamiento de las gotas pulverizadas por el viento hacia áreas no deseadas, mientras que la volatilización se refiere a la liberación de vapores del herbicida después de la aplicación. Este proceso puede estar influenciado por factores ambientales y por la formulación del herbicida. Estas observaciones se basan en estudios previos realizados en entornos de laboratorio.(Santiago Luis Ballario et al. 2021)

2.1.3. Uso del Propanil en la agricultura

Cultivo de aplicación

Cultivo de Arroz: El arroz pertenece a las Fanerógamas, tipo Espermatofitas, subtipo Angiospermas, clase Monocotiledóneas, orden Glumifloras, familia Gramíneas, subfamilia Panicoideas, tribu Oryzae, subtribu oryzíneas, género Oryza (Degiovanni Beltramo et al. 2010)

En el cultivo del arroz, la temperatura es un factor climático crucial que influye significativamente en el crecimiento, desarrollo y rendimiento de la planta.

La cantidad de calor acumulado es esencial para llevar a cabo diferentes etapas fenológicas, como el inicio del macollamiento, la formación de primordios, la floración y la madurez de la cosecha.(Velázquez et al. 2015)

El conocimiento de la planta de arroz (*Oryza sativa* L.) y, en particular, de su morfología, es básico en la investigación porque en él se basan tanto la diferenciación de las variedades como los estudios de fisiología y de mejoramiento. Se describirán aquí la forma y la estructura de los principales órganos de la planta, tanto vegetativos (raíz, tallo, hojas) como reproductores (flor y semilla). En esta gramínea anual se destacan los tallos (cilíndricos y huecos, con nudos y entrenudos), las hojas de lámina plana y angosta, unidas al tallo mediante vainas, y la inflorescencia en panícula. La planta puede medir desde 0.4 m (variedad enana) hasta 7 m (variedad flotante).(Degiovanni Beltramo et al. 2010)

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2004), menciona que los factores climáticos tales como la temperatura, la precipitación, la humedad del suelo, la radiación solar y el viento tienen influencia sobre el rendimiento del arroz ya que afectan el crecimiento de la planta y los procesos fisiológicos relacionados con la formación del grano. La temperatura, la radiación solar y la precipitación pluvial afectan directamente los procesos fisiológicos de la planta de arroz.(Buelvas Jiménez Miguel 2021)

El cultivo de arroz posee un alto valor económico en Ecuador y representa una parte importante de su economía. Debido a esto, el uso del herbicida **no** selectivo propanil se ha vuelto muy común en el país. Este herbicida se aplica típicamente durante los primeros 25 días después de la siembra como un tratamiento post emergente. La eficacia del propanil en el control de malezas en el arroz ha contribuido a su popularidad entre los agricultores ecuatorianos, ya que permite mantener limpios los campos de cultivo y garantizar un rendimiento óptimo de la cosecha. Esta práctica agrícola se ha establecido como una estrategia eficaz para maximizar la producción de arroz en Ecuador.

De manera general se puede llegar a definir que las malezas que se desarrollan en el cultivo de arroz en diferentes zonas y climas representan

cuantiosas pérdidas para los productores. Tomando de referencia las plagas y enfermedades que producen síntomas y deterioro visible de las plantas, la competencia generada por las malezas puede ocasionar hasta el 20 % de pérdidas en cosecha sin haber mostrado ningún síntoma. Trabajos experimentales muestran que el perjuicio de las malezas en el cultivo de arroz puede ir desde el 35 % hasta el 70 % en disminución del rendimiento dependiendo de la incidencia y la resistencia de la maleza.(Fernando Gregorio Espinoza Espinoza 2019)

Raíces: Durante las etapas iniciales de su desarrollo, las raíces del arroz se caracterizan por ser blancas, con poca ramificación y de grosor relativamente considerable. Conforme la planta madura, estas raíces se elongan, se vuelven más delgadas y adquieren una apariencia más delicada, presentando una mayor ramificación(Oscar Arrogeces 1978)

Hojas: Las hojas del arroz se disponen de manera alternada a lo largo del tallo, distribuyéndose hacia ambos lados. La primera hoja que emerge en un nudo basal del tallo principal (o en uno de sus hijos) se conoce como prófalo. Este prófalo no presenta lámina y está formado por dos brácteas acorazonadas.(Degiovanni Beltramo et al. 2010)

Flor: Las flores del arroz se encuentran reunidas en una estructura floral llamada panícula. Esta panícula está ubicada en el nudo apical del tallo, conocido como nudo ciliar o base de la panícula, y generalmente adopta la forma de un arco con cilios. La parte inferior de la panícula se conoce como cuello.(Oscar Arrogeces 1978)

Semilla: La semilla de arroz se origina a partir de un ovario maduro, seco e indehiscente, compuesto por varias partes distintivas. Estas partes incluyen la cáscara, que está formada por la lemma, la pálea y otras estructuras asociadas; las lemma estériles, la raquilla, la arista y el embrión, este último ubicado en el lado ventral de la semilla, cerca de la lemma; y finalmente, el endospermo, que proporciona nutrientes al embrión durante su germinación.(Degiovanni Beltramo et al. 2010)

Hierbas controladas

Caminadora: *Rottboellia cochinchinensis* es una gramínea anual C4 de tierras altas, que se autopoliniza e invade áreas perturbadas y agrícolas en más de 40 países en regiones tropicales y subtropicales del mundo. La planta ejerce una gran competencia para los cultivos en hilera debido a su alta capacidad de ahijamiento.(Bundit et al. 2022)

Rottboellia cochinchinensis, una especie invasora originaria de Asia, es reconocida globalmente por su capacidad de colonizar cultivos y alterar hábitats, principalmente en regiones tropicales y subtropicales. En Brasil, se había registrado previamente en el estado de São Paulo, pero este estudio amplía su distribución hasta el estado de Santa Catarina, en la Región Sur del país, mediante el descubrimiento de una población en el municipio de Blumenau. Estos nuevos registros están aproximadamente a 440 kilómetros de distancia de la población conocida más cercana, en el municipio de São Paulo, estado de São Paulo.(Funez et al. 2016)

Coquito: La especie *Cyperus esculentus*, dentro del género de juncias, se encuentra altamente adaptada a terrenos bajos y húmedos, propagándose principalmente de manera vegetativa. Esta característica dificulta su control y puede interferir directa o indirectamente en la productividad del cultivo de arroz. Para aumentar la competitividad de los cultivos frente a estas malezas, se han empleado con éxito prácticas de manejo como el riego por inundación.(Westendorff et al. 2014)

Los coquillos morados y amarillos son dos de las peores malezas del mundo, que se reproducen asexualmente por rizomas que pueden convertirse en nuevos brotes o tubérculos. Estos tubérculos son los órganos de almacenamiento de las reservas de carbohidratos que se reponen con los brotes en crecimiento y se agotan con la producción de nuevos brotes, raíces más rizoma y bulbos basales. (Bangarwa et al. 2012)

Paja de Burro: *Eleusine indica* (L.) Gaertn, comúnmente conocida como goosegrass o wiregrass, es un tipo de hierba que está muy extendido en muchas partes del mundo. *Eleusine indica* es una planta anual de ciclo estival, que se encuentra en todo el mundo. Forma de plantas que alcanzan una altura de 30 a 60 cm y posee tallos comprimidos, subglabros y tenaces, con hojas y ramificaciones tanto en la base como en el tallo. Sus hojas son lineales y están dispuestas de forma alterna, con una lígula muy corta y membranosa. Además, presenta innovaciones intravaginales. En cuanto a su estructura reproductiva, produce numerosas espigas en el ápice, con espiguillas sésiles, comprimidas, lisas y sin aristas. El fruto de *Eleusine indica* es un aquenio utrículo, ovoide, grueso y oscuro, de aproximadamente 2 mm de largo.(Alejandro M Brunori 2019)

Eleusine indica es una especie anual que se encuentra ampliamente distribuida en varias regiones del mundo, y se considera la quinta maleza más significativa según un ranking que incluye 18 malezas. Actualmente, se han identificado 35 biotipos resistentes a herbicidas en diferentes partes del mundo, de los cuales 5 muestran resistencia a múltiples herbicidas.(Alejandro M Brunori 2019)

Paja de trigo: Una de las malezas más problemáticas en este cultivo es *Ischaemum rugosum* Salisb., ya que es altamente competitiva, posee semillas similares a las del arroz y esto provoca que se mezcle con él, lo cual disminuye su calidad; otras características que favorecen la competitividad con el arroz son la capacidad de poseer plasticidad fenotípica y la habilidad de generar una muy fuerte competencia (Portuguez-García et al. 2020)

Ipomoea rugosum, de la familia Poaceae, es una maleza anual que se encuentra comúnmente en los campos de arroz. Caracterizada por su metabolismo C4, esta planta es predominante en los cultivos de arroz de secano del Pacífico Central, especialmente en la región arrocera de Parrita. Esta maleza presenta una competencia significativa con los cultivos de arroz, ya que generalmente germina después de ellos y puede superarlos en tamaño, lo que resulta en daños principalmente debido a la competencia por recursos y al volcamiento de las plantas de arroz.(Portuguez-García et al. 2021)

2.1.4. Impacto ambiental del propanil

Toxicidad para organismos

Microbianos:

El propanil es el herbicida principal empleado en los arrozales. Aunque se degrada rápidamente en condiciones aeróbicas, estudios indican que a las tasas habituales de aplicación (4,5 kg/ha), puede reducir el oxígeno disuelto a niveles críticos para la supervivencia de los peces en las primeras 48 horas tras la aplicación. Esto se asocia con una disminución en la producción de fitoplancton, en lugar de un aumento en la respiración comunitaria, a concentraciones muy bajas (50 ppb o menos) de propanil. A pesar de su toxicidad leve a moderada en exposiciones agudas, datos de exposición crónica revelan que concentraciones superiores a 9 ppb afectan el crecimiento, la reproducción y el desarrollo de peces e invertebrados.(Villar Argai et al. 2021)

La persistencia de este herbicida en suelos y cuerpos de agua es prolongada, pudiendo permanecer durante meses, especialmente en condiciones de escasa actividad microbiana. Sus bajas presiones de vapor y su moderada solubilidad en agua lo convierten en un tema de interés prioritario.(Bautista Sánchez 2001)

Organismos acuáticos:

Debido a que el agua utilizada en los campos de arroz se libera en hábitats acuáticos cercanos, la EPA ha establecido concentraciones preocupantes para peces e invertebrados no objetivo, considerando los efectos adversos más sensibles y los períodos mínimos de retención de agua en los campos de arroz. El propósito de estos períodos de retención es permitir que el propanil se degrade a niveles que minimicen el riesgo para la vida acuática en los hábitats adyacentes. Según varios modelos, se recomienda un período de retención de agua de 7 días para todas las áreas de producción de arroz, con una tasa de aplicación típica de 2 kg/acre. Esta recomendación también aborda la protección de plantas acuáticas no objetivo. Además, los productores y aplicadores aéreos deben estar atentos a

la posibilidad de contaminación inadvertida, que podría resultar en la mortalidad de peces debido a los efectos indirectos del químico en los niveles de oxígeno disuelto en los estanques. (Villar Argai et al. 2021)

Resistencia de malezas

Echinochloa colona: Las variedades de *Echinochloa* que han desarrollado resistencia a los herbicidas son una de las malezas más difíciles de controlar en los cultivos agrícolas en todo el mundo. La continua presión de la selección de herbicidas, sin la implementación de diversas prácticas de manejo, ha llevado a que más del 20% de las poblaciones de *Echinochloa* muestreadas en campos de arroz (*Oryza sativa* L.) en Arkansas, EE. UU., muestren resistencia múltiple a los herbicidas. (Rouse et al. 2018)

Según los últimos informes del Comité de Acción para la Resistencia a Herbicidas (HRAC), los herbicidas deben ser evaluados considerando su uso zonal. El Propanil se clasifica con un riesgo "Alto" debido a su uso excesivo en post-emergencia en décadas anteriores, lo que ha resultado en la resistencia documentada de la maleza *Echinochloa colona*. Por lo tanto, para reducir la resistencia de manera más segura, se recomienda combinar el Propanil con productos que tengan un mecanismo de acción diferente y utilizarlo no más de una vez en cada ciclo de cultivo. (Adama Propanil Herbicida | ADAMA Ecuador s. f.)

Las poblaciones de *Echinochloa colona* resistentes al propanil fueron detectadas por primera vez en Costa Rica en 1988, después de que los agricultores informaran sobre la disminución de la efectividad del herbicida. Se realizaron muestreos en campos de arroz en la provincia de Puntarenas, específicamente en el Pacífico Central, donde el propanil se había utilizado ampliamente durante muchos años. Algunos campos habían recibido hasta tres tratamientos de propanil por ciclo de cultivo durante 15 años, bajo sistemas de siembra de una o dos cosechas al año. La población más resistente se encontró en el área con la mayor presión de selección. En pruebas de laboratorio, esta población necesitó aplicar 8,5 veces la dosis requerida para inhibir su crecimiento en un 50%, en comparación con una población susceptible de referencia. Los niveles de resistencia observados

en el estudio estuvieron relacionados directamente con la exposición al propanil, excepto en dos poblaciones que, a pesar de haber sido expuestas regularmente al propanil y a la pendimetalina en aplicaciones pre-emergentes, mostraron solo una resistencia moderada, posiblemente debido a la combinación de tratamientos utilizados.(Valverde et al. 2000)

Gestión de malezas en la agricultura

Las malezas, al ser plantas no deseadas en los cultivos, compiten con estos por recursos esenciales como agua, nutrientes y luz, lo que afecta negativamente la producción y la calidad de las cosechas. Este estudio presenta una metodología para seleccionar los métodos más apropiados de manejo de malezas. Esto incluye la evaluación visual o monitoreo de la cobertura de especies, considerando su biología, vías de propagación y etapa de desarrollo más susceptible al control. También se ofrecen medidas para prevenir la propagación de malezas leñosas, acuáticas y perennes, así como métodos de preparación del suelo adaptados a las malezas predominantes. Se proponen alternativas de control como la solarización, la biofumigación y el uso de cultivos alelopáticos, además de prácticas de rotación y asociación de cultivos. Se resalta la importancia de utilizar herbicidas de manera adecuada y necesaria.(Paredes et al. 2008)

2.1.5. Estrategias de manejo del integrado del propanil

2.1.5.1 Alternativas al propanil

Alternativas de control de malezas

Esta actividad tiene como objetivo reducir la compactación del suelo, destruir las malas hierbas y limpiar los residuos de cultivos anteriores. A partir de esta etapa se puede aumentar la porosidad y se puede mover el agua al perfil del suelo. Esto hace un gran trabajo al reducir la saturación y aumentar la aireación. El proceso de labranza se autodetermina para un mejor desarrollo de raíces y producción de plantas, ya que las plantas pueden utilizar el agua y los nutrientes del suelo de manera más efectiva (Rodríguez 2021).

El incremento en la resistencia de las malezas a los herbicidas ha impulsado la investigación sobre los mecanismos de acción de estos productos, ya que comprender estos mecanismos es fundamental para entender por qué algunas poblaciones de malezas desarrollan resistencia. Una de las estrategias recomendadas para manejar y prevenir la resistencia de las malezas es la rotación de herbicidas con diferentes mecanismos de acción. Esto resalta la importancia del conocimiento de estos mecanismos para planificar adecuadamente el manejo de herbicidas y malezas.(Anzalone Alvaro 2008)

La siembra tradicional en agua, donde las semillas pregerminadas se plantan en terrenos inundados, está vinculada a un conjunto específico de malezas; sin embargo, este conjunto cambia significativamente cuando se planta arroz en suelo seco. Por lo tanto, si una especie de maleza que es difícil de manejar desarrolla resistencia a un herbicida en un sistema de siembra anaeróbico, el problema puede reducirse si se cambia a un sistema de siembra en seco (aeróbico), y viceversa.(Degiovanni et al. 2010)

Manejo de resistencia de malezas

Manejo de malezas: El manejo integrado de malezas (IWM) combina diferentes métodos para controlar las malezas y favorecer el cultivo. A nivel global, su adopción varía, pero se reconoce su capacidad para mantener las poblaciones de malezas bajo control y reducir el impacto ambiental. Aunque se debate su eficacia frente a programas basados solo en herbicidas, la rápida propagación de malezas resistentes resalta la importancia de la investigación en IWM. Un análisis revela que, aunque los Estados Unidos lideran en publicaciones sobre malezas y IWM, otros países también contribuyen significativamente. Se observa un crecimiento en la investigación de estrategias no químicas de manejo de malezas y en la integración de métodos de control con el uso de herbicidas, aunque predominan los estudios sobre control químico.(Harker y O'Donovan 2013)

Entender la resistencia a herbicidas y sus mecanismos es crucial para implementar estrategias de manejo efectivas. Los mecanismos de resistencia pueden estar relacionados con el sitio de acción del herbicida o no, y se

caracterizan mediante diversas técnicas como la biología molecular y pruebas enzimáticas. Identificar biotipos resistentes en el campo ayuda a comprender la ineficacia de los herbicidas previamente efectivos. Los mecanismos del sitio de acción pueden controlarse con la rotación de herbicidas, mientras que los no relacionados con el sitio de acción son más complejos y requieren estrategias adicionales. La detección temprana y la caracterización precisa de los mecanismos de resistencia son fundamentales para evitar su propagación y desarrollar programas de manejo efectivos. (Alcántara-de la Cruz 2022)

La tarea principal en la prevención de la resistencia de las malezas a los herbicidas es asegurar la siembra de semillas certificadas libres de malezas. Sin embargo, en algunos casos, las semillas certificadas de arroz pueden contener niveles mínimos de semillas de ciertas malezas debido a sus niveles de tolerancia. Si la semilla certificada contiene semillas de malezas resistentes, se deben implementar medidas para eliminar por completo esta tolerancia. Estudios genéticos realizados en California han demostrado que la dispersión geográfica de *E. phyllopogon* se debe a su presencia en las semillas. Aunque se podría establecer una norma de cero tolerancias para esta contaminación, todavía persiste una tolerancia mínima de semillas de esta maleza en la semilla certificada de arroz. (Degiovanniet al.2010)

Rotación de Herbicidas: La estrategia de rotación de herbicidas para gestionar la resistencia se fundamenta en evitar el uso repetido de herbicidas con el mismo modo de acción en el mismo campo o potrero cada año para controlar las mismas malezas. Esta táctica requiere una diversidad de herbicidas disponibles para los agricultores. En Chile, los herbicidas recomendados para controlar malezas gramíneas en varios cultivos, como trigo, cebada, avena, lupino y canola, están agrupados según su modo de acción, según lo propuesto por el Comité de Acción contra la Resistencia a Herbicidas (HRAC). Algunos herbicidas, como los del grupo A (inhibidores de la acetil CoA carboxilasa), controlan exclusivamente malezas gramíneas, mientras que otros grupos como el B (inhibidores de la ALS), N (inhibidores de la síntesis de ácidos grasos, no ACCasa), C1 y C2 (inhibidores de la fotosíntesis en el fotosistema II), K1 y K3 (inhibidores de la división celular)

controlan tanto malezas gramíneas como de hoja ancha.(Chile y Díaz Sánchez 2015)

Prácticas culturales: El método principal usado en el país de control cultural de arroz maleza, es la implementación del batido del suelo combinado con la presencia de lámina de agua sobre un suelo bien nivelado. Esto permite mantener las condiciones anaeróbicas en las capas superiores del suelo y previene que se establezcan plantas de arroz maleza(Aída Ortiz y Luis López 2011)

Las estrategias de manejo de malezas en el cultivo de arroz incluyen aumentar la densidad de siembra para facilitar el cierre rápido del dosel y ofrecer sombra a las malezas, rotar los cultivos para evitar la adaptación de las malezas a métodos específicos de control y permitir la rotación de herbicidas, alternar entre sistemas de siembra de arroz para mejorar el control de malezas, gestionar los nutrientes para favorecer la absorción del cultivo y limitar la disponibilidad para las malezas, mantener una lámina de agua adecuada para prevenir el desarrollo de malezas, ajustar las fechas de siembra para dar ventajas al cultivo o controlar la germinación de malezas antes de sembrar, y seleccionar variedades de cultivos que compitan eficazmente con las malezas.(Héctor Mendoza 2023)

Rotación de siembra: si se tiene muchas campañas continuas de arroz, altas infestaciones de malezas como: arroz maleza, Echinochloas spp, cyperaceas, etc. También la rotación de sistema de siembra, en el sistema de trasplante siempre se tendrá un mejor control de malezas frente a la siembra directa. Hacer barbecho, dependiendo del tipo de malezas (presencia de malezas perennes ó anuales), este tipo de control cultural podría ser considerado: Mecánico con el uso de algún implemento agrícola, químico si se usa herbicidas o quemado de los restos vegetales de malezas y arroz para la destrucción de semillas de malezas, plagas y enfermedades “romper sus ciclos biológicos”. Inundación en el barbecho y secado para la oxigenación del suelo, activación de germinación para complementar con los pases de arados y gradas. Durante el cultivo manejar la lámina de agua de 10 a 15 cm de altura, dependiendo del tamaño del arroz y nivelación de las pozas para mantener a las malezas bajo agua y permitir que el cultivo

prosperare.(Héctor Mendoza 2023)

2.2. MARCO METODOLÓGICO

El presente documento investigativo presentado como componente práctico, se desarrolló a través de la recopilación de todo tipo de información, realizando una detallada investigación en las distintas páginas web de libre acceso, artículos científicos, tesis de grado, fuentes y documentaciones bibliográficas disponibles en distintas plataformas digitales.

Cabe resaltar que toda la información obtenida fue efectuada mediante la técnica de análisis, síntesis y resumen, con el único objetivo de instaurar la información específica en correspondencia a este proyecto, que lleva por temática.

2.3. RESULTADOS

Debido a la liberación del agua de los cultivos de arroz en hábitats acuáticos cercanos, la Agencia de Protección Ambiental (EPA) estableció concentraciones preocupantes para peces e invertebrados no objetivo, considerando los efectos adversos más sensibles y los tiempos mínimos de retención de agua en los campos de arroz. El propósito de estos períodos de retención de agua es facilitar la degradación del propanil en el arrozal a niveles que minimicen el riesgo para los organismos acuáticos cercanos. Se recomienda un período de retención de agua de siete días para todas las áreas de cultivo de arroz, basado en diferentes modelos y asumiendo tasas típicas de aplicación. Esta recomendación también tiene como objetivo proteger las plantas acuáticas no objetivo. Además, se destaca la importancia de que los productores y aplicadores aéreos cercanos a los campos de arroz estén conscientes de los posibles efectos indirectos del químico sobre el oxígeno disuelto en los estanques, lo que podría provocar mortalidad de peces por contaminación inadvertida. (Villar Argai et al. 2021)

En el manejo integral de malezas, es fundamental adoptar un enfoque sostenible que incluya la prevención, monitoreo y una variedad de métodos de control como culturales, mecánicos, biológicos y éticos, además del control químico. Esto garantiza la protección del medio ambiente y la salud de quienes manipulan herbicidas, en lugar de depender exclusivamente de soluciones químicas. A menudo, los aspectos comerciales y económicos prevalecen sobre consideraciones técnicas y sostenibles en los planes de manejo de malezas, lo que puede tener consecuencias negativas a largo plazo, especialmente frente a los desafíos del cambio climático. Por lo tanto, es crucial que la agricultura actual sea responsable y se comprometa con la preservación ambiental. (Héctor Mendoza 2023)

El mismo autor alega que, un aspecto importante en la selección de herbicidas es la preferencia de los agricultores por utilizar principalmente herbicidas pos emergentes, con poca atención a los pre emergentes e incluso a los no selectivos en pre siembra. Esto genera limitaciones como una eficacia reducida en

el control de malezas y un uso limitado de los mecanismos de acción, lo que resulta en una rápida aparición de resistencia de las malezas a los herbicidas utilizados con frecuencia. En el plan de manejo de malezas, prevalecen consideraciones comerciales y económicas a corto plazo, a expensas de aspectos técnicos y sustentables. En vista de los desafíos del cambio climático, es fundamental que la agricultura actual sea responsable en la conservación del medio ambiente para evitar contribuir aún más al deterioro ambiental.

Es fundamental entender cómo el Propanil influye en los microorganismos del suelo, dado que estos juegan un papel vital en la salud y fertilidad de dicho sustrato. Estos microorganismos intervienen en procesos esenciales como la descomposición de materia orgánica, la fijación de nitrógeno y la liberación de nutrientes para las plantas. Cualquier efecto adverso en los microorganismos del suelo podría tener implicaciones significativas en la sostenibilidad a largo plazo de los sistemas agrícolas. Además, comprender la interacción del Propanil con las plantas no deseadas es crucial para evaluar su impacto en la biodiversidad y la salud de los ecosistemas agrícolas. El uso de herbicidas puede afectar a especies no deseadas, incluyendo plantas silvestres y organismos beneficiosos, lo que podría tener consecuencias negativas en la diversidad biológica y la estabilidad de los ecosistemas. (Pardo Baldovín et al. 2022)

2.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Según Yohana Quintero Vargas 2017, la determinación de límites preocupantes por parte de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) para peces e invertebrados no deseados, así como la sugerencia de periodos de retención de agua en los campos de arroz, señalan la importancia de abordar los posibles impactos del herbicida Propanil en los ecosistemas acuáticos circundantes. Considerar los efectos adversos más sensibles y los tiempos mínimos de retención de agua refleja la preocupación por preservar la biodiversidad acuática frente a los riesgos potenciales asociados con el uso de este químico en los cultivos de arroz. Esta medida no solo busca proteger a los peces e invertebrados no deseados, sino también a las plantas acuáticas en estos hábitats, reconociendo la importancia y la

interconexión de estos elementos en los ecosistemas acuáticos. Asimismo, destacar la importancia de que los productores y aplicadores aéreos estén conscientes de los posibles efectos indirectos del químico sobre el oxígeno disuelto en los estanques subraya la necesidad de una gestión cuidadosa y consciente al aplicar el Propanil en los campos de arroz. La advertencia sobre la posible mortalidad de peces debido a la contaminación inadvertida resalta la responsabilidad compartida en la protección del medio ambiente y la biodiversidad.

Lizbeth et al. s. f.2023 resalta que, fundamental adoptar un enfoque integral en el manejo de malezas que priorice la sostenibilidad y la protección del medio ambiente para garantizar la salud a largo plazo de los ecosistemas agrícolas y la seguridad de los trabajadores. Este enfoque debe abarcar la prevención, monitoreo y una variedad de métodos de control, como culturales, mecánicos, biológicos y éticos, además del control químico. Esto demuestra un compromiso con prácticas agrícolas responsables y sostenibles. Aunque es importante considerar aspectos comerciales y económicos en los planes de manejo de malezas, no deben primar sobre las consideraciones técnicas y sostenibles. La dependencia exclusiva en soluciones químicas puede tener consecuencias negativas a largo plazo, especialmente en el contexto del cambio climático. Por lo tanto, es crucial equilibrar las necesidades comerciales con la responsabilidad ambiental, promoviendo prácticas agrícolas que protejan la biodiversidad, la calidad del suelo y del agua, así como la salud humana. La agricultura actual debe comprometerse con la preservación ambiental a través de un manejo integral de malezas que sea efectivo en el control de malezas y sostenible a largo plazo. Adoptar prácticas agrícolas responsables beneficia tanto al medio ambiente como a la seguridad alimentaria, y fortalece la resiliencia frente a los desafíos futuros relacionados con el cambio climático y la sostenibilidad.

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1. CONCLUSIONES

La comprensión de las propiedades fisicoquímicas del herbicida Propanil es fundamental para optimizar su aplicación y lograr la máxima eficacia en el control

de malezas. Al conocer estas propiedades, los agricultores y profesionales agrícolas pueden ajustar la dosis, la forma de aplicación y otros aspectos técnicos para asegurar que el herbicida sea utilizado de manera eficiente y efectiva. Esto no solo maximiza el control de malezas, sino que también reduce el desperdicio y minimiza posibles impactos negativos en el medio ambiente. La aplicación precisa y eficiente del herbicida Propanil, basada en un conocimiento detallado de sus propiedades fisicoquímicas, contribuye a una gestión agrícola más sostenible y responsable.

Es crucial que la agricultura moderna se comprometa con la conservación del medio ambiente mediante la implementación de estrategias integrales para el manejo de malezas que sean tanto efectivas en el control de estas como sostenibles a largo plazo. La adopción de prácticas agrícolas responsables no solo tiene un impacto positivo en la salud del medio ambiente, sino que también contribuye significativamente a la seguridad alimentaria y fortalece la capacidad de resistencia ante los desafíos venideros, especialmente aquellos relacionados con el cambio climático y la sostenibilidad de los recursos naturales. La implementación de técnicas agrícolas sostenibles, como la rotación de cultivos, el uso de cultivos de cobertura, el laboreo mínimo y la promoción de la biodiversidad en los campos agrícolas, no solo ayuda a controlar las malezas de manera efectiva, sino que también mejora la salud del suelo, reduce la erosión y promueve la conservación de la biodiversidad.

Es esencial adoptar un enfoque holístico en el manejo de malezas que ponga énfasis en la sostenibilidad y la preservación del medio ambiente para asegurar la salud a largo plazo de los ecosistemas agrícolas y la seguridad de los trabajadores. Este enfoque amplio debe incluir medidas preventivas, sistemas de monitoreo efectivos y una gama diversa de métodos de control, tales como métodos culturales, mecánicos, biológicos, éticos, además del control químico cuando sea necesario. Al implementar este enfoque integral, se demuestra un firme compromiso con prácticas agrícolas responsables y sostenibles que no solo son beneficiosas para el medio ambiente, sino también para la salud humana y la

productividad agrícola a largo plazo.

La prevención de la propagación de malezas mediante prácticas agronómicas adecuadas, como la rotación de cultivos, la cobertura del suelo y el manejo adecuado de los residuos vegetales, juega un papel fundamental en la reducción de la presión de malezas en los campos agrícolas. El monitoreo regular de las poblaciones de malezas y la evaluación de su impacto en los cultivos permiten una intervención oportuna y precisa. Además, la implementación de métodos de control no químicos, como el uso de maquinaria agrícola especializada, la introducción de organismos beneficiosos para el control biológico de las malezas y el uso de técnicas éticas como la solarización del suelo, contribuyen a mantener las poblaciones de malezas bajo control de manera sostenible y respetuosa con el medio ambiente.

3.2. RECOMENDACIONES

Los agricultores deben dedicar tiempo a comprender las propiedades fisicoquímicas del herbicida Propanil antes de su aplicación, incluyendo su solubilidad, persistencia en el suelo y su interacción con otros elementos del ecosistema. Este conocimiento permitirá optimizar su uso y minimizar posibles efectos negativos en el medio ambiente.

Se aconseja la adopción de prácticas agrícolas sostenibles como la rotación de cultivos, el empleo de cultivos de cobertura y la reducción del laboreo. Estas acciones no solo ayudan a controlar las malezas, sino que también mejoran la calidad del suelo y fomentan la conservación de la biodiversidad, reduciendo así la dependencia de herbicidas como el Propanil.

Es esencial adoptar un enfoque integral que incorpore medidas preventivas, sistemas de monitoreo eficaces y una variedad de métodos de control, que abarquen tanto métodos químicos como culturales, mecánicos, biológicos y éticos para manejar las poblaciones de malezas de manera efectiva.

Implementar prácticas agronómicas adecuadas, como la rotación de cultivos, la cobertura del suelo y la gestión de residuos vegetales, es fundamental para reducir la presión de malezas en los campos agrícolas y, en consecuencia, disminuir la necesidad de recurrir a herbicidas como el Propanil.

4. REFERENCIAS Y ANEXOS

4.1. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Avellaneda, L; Rodríguez, J; Romero, D; González, I; García, L. 2023. Intoxicación por Metahemoglobinizante, tipo Propanil. Revista Médica Risaralda. 29(1): 119-126. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rmri/v29n1/0122-0667-rmri-29-01-119.pdf>

Ortiz, J; Munive, J. 2022. Sensibilidad de nuevas variedades de arroz a los herbicidas Clomazone y Propanil. Tesis. Ing. Agr. Universidad Magdalena. 52p. Obtenido de <https://repositorio.unimagdalena.edu.co/server/api/core/bitstreams/17928706-5b5d-4dd9-99d6-89d9c17caa0c/content>

Abdelrady, A; Sharma, S; Sefelnasr, A; Abogbal, A; Kennedy, M. 2019. Investigating the impact of temperature and organic matter on the removal of selected organic micropollutants during bank filtration: A batch study. Journal of Environmental Chemical Engineering 7(1). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2019.102904>.

ACUÑA, A. s. f. CAPITULO I. ASPECTOS GENERALES (en línea). Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica . Consultado 26 feb. 2024. Disponible en <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/H60-7190.pdf>.

AdamaPropanil Herbicida | ADAMA Ecuador. 2024. (en línea, sitio web). Consultado 1 mar. 2024. Disponible en <https://www.adama.com/ecuador/es/agroquimicos/herbicida/propanil>.

Aída Ortiz; Luis López. 2011. CONTROL DE ARROZ MALEZA (en línea). . Consultado 1 mar. 2024. Disponible en https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0002-192X2011000300003&script=sci_abstract&tIng=pt.

Alcántara-de la Cruz, R. 2022. Prevención, detección y manejo de la resistencia a herbicidas. Avances en Investigación Agropecuaria 26(Especial). DOI: <https://doi.org/10.53897/revaia.22.26.18>.

Alejandro M Brunori. 2019. ASPECTOS DE LA BIOLOGÍA Y EL CONTROL DE Eleusine indica Y Eleusine Tristachya EN (en línea). Zaballa, FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO. . Consultado 29

feb. 2024. Disponible en <http://hdl.handle.net/2133/19193>.

Anzalone Alvaro. 2008. Herbicidas: Modos y mecanismos de acción en plantas (en línea). Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado, UCLA . Consultado 26 feb. 2024. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/259175751_Herbicidas_Modos_y_mecanismos_de_accion_en_plantas?enrichId=rgreq-f874c3992c00b092e27a90e476d5eddc-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzI1OTE3NTc1MTtBUzo0MzQ2MzgxMDg3OTQ4ODBAMTQ4MDYzNzlwODQwOA%3D%3D&el=1_x_2&_esc=publicationCoverPdf.

Avila, R; García-Vara, M; López-García, E; Postigo, C; López de Alda, M; Vicent, T; Blánquez, P. 2022. Evaluation of an outdoor pilot-scale tubular photobioreactor for removal of selected pesticides from water. *Science of the Total Environment* 804. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150040>.

Bangarwa, SK; Norsworthy, JK; Gbur, EE. 2012. Effects of Shoot Clipping–Soil Disturbance Frequency and Tuber Size on Aboveground and Belowground Growth of Purple and Yellow Nutsedge (*Cyperus rotundus* and *Cyperus esculentus*) . *Weed Technology* 26(4). DOI: <https://doi.org/10.1614/wt-d-12.00041.1>.

Bautista Sánchez, A. 2001. NUEVOS MÉTODOS LUMINISCENTES PARA LA DETERMINACIÓN DE PESTICIDAS EN AGUAS (en línea). Badajoz, UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA. 435 p. Disponible en <http://www.pcid.es/public.htm>.

Buelvas Jiménez Miguel. 2021. Importancia de los factores climáticos en el cultivo de arroz. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 6(1).

Bundit, A; Meksawat, S; Ullah, H; Datta, A; Pornprom, T. 2022. Allelopathic Plants: 33. *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) W.D. Clayton. *Allelopathy Journal* 56(2). DOI: <https://doi.org/10.26651/allelo.j/2022-56-2-1393>.

Chile, AE; Díaz Sánchez, J. (2015). SITUACION DE LA RESISTENCIA DE MALEZAS A HERBICIDAS EN CULTIVOS ANUALES EN CHILE (en línea). s.l., s.e. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/265154903>.

Colejo Blanco, S. 2017. Cultivo de arroz en el Valle del Río Senegal. Análisis de Ciclo de vida y propuestas de mejora (en línea). . Consultado 29 feb. 2024.

Disponible en <https://riunet.upv.es:443/handle/10251/87863>.

Degiovanni Beltramo, VM; Berrío Orozco, LE; Charry Mercado, RE. 2010. Origen, taxonomía, anatomía y morfología de la planta de arroz (*Oryza sativa* L.) (en línea). s.l., International Center for Tropical Agriculture. Consultado 29 feb. 2024. Disponible en <https://hdl.handle.net/10568/82462>.

Degiovanni, VB; Martínez R, CP; Motta, FO. (2010). Resistencia a herbicidas en malezas asociadas con arroz (en línea). s.l., s.e. Consultado 1 mar. 2024. Disponible en <https://hdl.handle.net/10568/82517>.

Duc, HD; Thuy, NTD; Truc, HTT; Nhu, NTH; Oanh, NT. 2020. Degradation of butachlor and propanil by *Pseudomonas* sp. Strain But2 and *Acinetobacter baumannii* strain DT. *FEMS Microbiology Letters* 367(18). DOI: <https://doi.org/10.1093/femsle/fnaa151>.

Fernando Gregorio Espinoza Espinoza. 2019. Mezclas de herbicidas de pre-emergencia y post-emergencia en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) de riego en la zona de Babahoyo (en línea). s.l., UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA. Consultado 26 feb. 2024. Disponible en <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/5614/TE-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000150.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Funez, LA; Ferreira, JPR; Hassemer, G; Trevisan, R. 2016. First record of the invasive species *Rottboellia cochinchinensis* (Poaceae, Andropogoneae) in the South Region of Brazil. *Check List* 12(4). DOI: <https://doi.org/10.15560/12.4.1930>.

Harker, KN; O'Donovan, JT. 2013. Recent Weed Control, Weed Management, and Integrated Weed Management. *Weed Technology* 27(1). DOI: <https://doi.org/10.1614/wt-d-12-00109.1>.

HÉCTOR MENDOZA. 2023. CONTROL INTEGRADO DE MALEZAS EN EL CULTIVO DE ARROZ. Lima, UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA. .

Helling, CS. 1971. Pesticide Mobility in Soils II. Applications of Soil Thin-Layer Chromatography. *Soil Science Society of America Journal* 35(5). DOI: <https://doi.org/10.2136/sssaj1971.03615995003500050031x>.

Hernández, N, ACC. 2002. Situación de susceptibilidad de algunas malezas gramíneas al propanil en Colombia y varios países de Latinoamérica. ¿Cómo

preservar la susceptibilidad a herbicidas?. Revista de Protección Vegetal 17(3). Consultado 26 feb. 2024.

Karpouzas, DG; Capri, E; Papadopoulou-Mourkidou, E. 2005. Application of the RICEWQ-VADOFT model to simulate leaching of propanil in rice paddies in Greece. *Agronomie* 25(1). DOI: <https://doi.org/10.1051/agro:2004053>.

Li, T; Abdelhaleem, A; Chu, W; Xu, W. 2021. Efficient activation of oxone by pyrite for the degradation of propanil: Kinetics and degradation pathway. *Journal of Hazardous Materials* 403. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123930>.

Lizbeth, G; Ataucusi, A; Max, F; Ochoa, A; Soto, RN. (s. f.). Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental. s.l., s.e.

MARTÍN IGNACIO PÉREZ PEREIRA. 2020. «ESTUDIO ELECTROQUÍMICO DE LA COMPLEJACION DE PROPANIL CON CICLODEXTRINAS Y CURCUBITURILOS» (en línea). Santiago, UNIVERSIDAD DE CHILE. Consultado 26 feb. 2024. Disponible en <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/175285>.

Mayorga Arias, D; Guillen Mora, RE; Díaz Romero, S. 2019. Uso de herbicidas en el control de malezas. importancia de su conocimiento para el profesional agrónomo (en línea). *Opuntia brava* 11(1):204-210. Consultado 26 feb. 2024. Disponible en <http://opuntiabrava.ult.edu.cu/index.php/opuntiabrava/article/view/712/700>.

Oscar Arrogeces. 1978. Morfología de la Planta de Arroz (en línea). centro internacional de agricultura tropical . Consultado 29 feb. 2024. Disponible en <https://cgspace.cgiar.org/server/api/core/bitstreams/e75fc97b-aa43-4614-9dfe-05721cd438b3/content>.

Pardo Baldovín, P; Sangari, F; Junio, G. (2022). TFG-Anexo III GRADO EN MEDICINA Microbiología y los Objetivos de Desarrollo Sostenible Microbiology and Sustainable Development Goals (en línea). s.l., s.e. Consultado 2 mar. 2024. Disponible en https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/25860/2022_PardoBaldovinPM.pdf?sequence=1.

Paredes, E, I de I de SV; García, C, I de I de SV; Pérez, E, I de I de SV. 2008. Metodología para el manejo de malezas en áreas agrícolas. *Fitosanidad*

12(4). Consultado 1 mar. 2024.

Portuguez-García, MP; Rodríguez-Ruiz, AM; Herrera-Murillo, F; González-Lutz, MI. 2020. Influencia de la sombra y la escarificación sobre la germinación de *Ischaemum rugosum* Salisb. *Agronomía Mesoamericana* . DOI: <https://doi.org/10.15517/am.v31i3.37775>.

Portuguez-García, MP; Rodríguez-Ruiz, AM; Porrás-Martínez, C; González-Lutz, MI. 2021. Viabilidad de *Ischaemum rugosum* Salisb. determinada mediante la prueba de tetrazolio. *Agronomía Mesoamericana* . DOI: <https://doi.org/10.15517/am.v32i1.40318>.

Qiu, Y; Xiao, X; Cheng, H; Zhou, Z; Sheng, GD. 2009. Influence of environmental factors on pesticide adsorption by black carbon: pH and model dissolved organic matter. *Environmental Science and Technology* 43(13). DOI: <https://doi.org/10.1021/es900573d>.

Rios, AC [UNESP]. 2008. Comportamento do herbicida propanil em cultura de arroz irrigado (en línea). DOI: <https://doi.org/10.17616/R31N39>.

Rouse, CE; Roma-Burgos, N; Norsworthy, JK; Tseng, TM; Starkey, CE; Scott, RC. 2018. Echinochloa Resistance to Herbicides Continues to Increase in Arkansas Rice Fields. *In Weed Technology*. s.l., s.e. DOI: <https://doi.org/10.1017/wet.2017.82>.

Santiago Luis Ballario; Diego Germán López; Juan Martín Asurmendi; Matias Apestegui. 2021. VOLATILIDAD DE DIFERENTES FORMULACIONES DE 2,4-D UTILIZANDO BIOINDICADORES (en línea). Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 9. Consultado 28 feb. 2024. Disponible en <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/nexoagro/article/view/34780>.

Valverde, BE; Riches, CR; Caseley, JC. 2000. Prevención y manejo de malezas resistentes a herbicidas en arroz : experiencias en América Central con *Echinochloa colona*. s.l., Cámara de Insumos Agropecuarios.

Velázquez, J; Rosales, A; Rodríguez, H; Salas, R. 2015. Determinación de las etapas de inicio de macollamiento, inicio de primordio, floración y madurez en la planta de arroz, con el sistema S, V y R correlacionado con la sumatoria térmica. *Agronomía Costarricense* . DOI: <https://doi.org/10.15517/rac.v39i2.21781>.

Villar Argáiz, D; Gómez-Beltrán, DA; Cano P., A. 2021. Destino ambiental y

efectos ecológicos de los tres herbicidas más utilizados en Colombia. CES Medicina Veterinaria y Zootecnia 16(2). DOI: <https://doi.org/10.21615/cesmvz.6238>.

Villarroel Utrillas, MJ. 2004. Alteraciones fisiológicas en el crustáceo *Daphnia magna* por exposición a plaguicidas (en línea). Valencia, Universitat de València. Consultado 28 feb. 2024. Disponible en <http://hdl.handle.net/10550/15079>.

Westendorff, N da R; Agostinetto, D; Ulguim, A da R; Perboni, LT; da Silva, BM. 2014. Perdas de produtividade e níveis de dano econômico de tiririca-amarela em arroz irrigado em função do início da irrigação por inundação. *Bragantia* 73(1). DOI: <https://doi.org/10.1590/brag.2014.001>.

Xiao, H; Kuckelkorn, J; Nüßer, LK; Floehr, T; Hennig, MP; Roß-Nickoll, M; Schäffer, A; Hollert, H. 2016. The metabolite 3,4,3',4'-tetrachloroazobenzene (TCAB) exerts a higher ecotoxicity than the parent compounds 3,4-dichloroaniline (3,4-DCA) and propanil. *Science of the Total Environment* 551-552. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.02.019>.

Xiao, X; Li, F; Huang, J; Sheng, GD; Qiu, Y. 2012. Reduced adsorption of propanil to black carbon: Effect of dissolved organic matter loading mode and molecule size. *Environmental Toxicology and Chemistry* 31(6). DOI: <https://doi.org/10.1002/etc.1800>.

Yohana Quintero Vargas, A. (2017). UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA AMBIENTAL-AGUA EVALUACIÓN ECOTOXICOLÓGICA DE LA CARBAMAZEPINA Y LOS NONILFENOLES EN AGUA (en línea). s.l., s.e. Consultado 2 mar. 2024. Disponible en <https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330/TES01000754426/3/0754426.pdf>.

4.2. ANEXOS

