



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“EVALUACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL DE LA APLICACIÓN DE CUATRO PESTICIDAS SOBRE EL POLINIZADOR *FORCIPOMYIA* SPP. (DÍPTERA: CERATOPOGONIDAE) DEL CULTIVO DE CACAO (*THEOBROMA CACAO* L.), EN SAN MARTÍN, PERÚ”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniera Ambiental

Presentado por:

Bach. Astrid Carol Sotomayor Chávez: (ORCID: 0000-0002-4673-4355)

Asesor:

Dr. José Alberto Iannacone Oliver: (ORCID: 0000-0003-3699-4732)

Lima – Perú

2020

COPIA DE ACTA DE SUSTENTACIÓN



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Lima, 8 de octubre de 2020.

Los integrantes del Jurado de tesis:

Presidente: Ph.D. Julio Cesar Alegre Orihuela	<input type="checkbox"/>
Miembro: Mg. Armando Jesus Vélez Azañero	
Miembro: Mg. Javier Francisco Alvarado Llerena	

Se reúnen para evaluar la tesis titulada:
"EVALUACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL DE LA APLICACIÓN DE CUATRO PESTICIDAS SOBRE EL POLINIZADOR FORCIPOMYIA SPP. (DÍPTERA: CERATOPOGONIDAE) DEL CULTIVO DE CACAO (THEOBROMA CACAO L.), EN SAN MARTÍN, PERÚ"

Presentada por la bachiller:

- Astrid Carol Sotomayor Chávez

Para optar el grado de titulada en ingeniería ambiental.

Asesorado por:

- Dr. José Alberto Iannacone Oliver

Luego de haber evaluado el informe final de tesis y evaluado el desempeño del estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental en la sustentación, concluyen de manera unánime (X) por mayoría simple () calificar a:

Tesis: Astrid Carol Sotomayor Chávez		Nota (en letras): Diecisiete	
Aprobado ()	Aprobado - Muy buena (x)	Aprobado - Sobresaliente ()	Desaprobado ()

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.



Ph.D. Julio Cesar Alegre Orihuela
 Presidente del Jurado



Dr. José Alberto Iannacone Oliver
 Asesor



Mg. Armando Jesus Vélez Azañero
 Miembro 1



Mg. Javier Francisco Alvarado Llerena
 Miembro 2

T // (51) 610 6738
 informes@cientifica.edu.pe
 cientificos@edu.pe

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación se lo dedico a mis queridos padres, Silvia Chávez Aragón y Raul Sotomayor Mere, por su constante soporte a lo largo de toda mi vida personal y profesional, y por impulsarme a lograr cada uno de mis objetivos. Les agradezco infinitamente por todos sus esfuerzos por darme una carrera profesional, y por siempre guiarme con cariño en cada paso de mi vida.

A mi hermana, Julissa, quien es mi ejemplo y amiga cada vez que necesito un consejo. Gracias por motivarme a ser mejor cada día.

Y a mi sobrina, Gia, quien es una motivación más para seguir creciendo profesionalmente.

Este logro no es solo mío, sino de todos ustedes.

Los amo

AGRADECIMIENTOS

Quiero extender un profundo agradecimiento a todas las personas que estuvieron involucradas en la elaboración del presente proyecto, y quienes me ayudaron a alcanzar esta meta.

En primer lugar, al Doctor en Ciencias Biológicas, José Alberto Iannacone Oliver, por haber aceptado ser mi asesor de tesis, y quien me acompañó de principio a fin con su constante apoyo, y motivación. Su guía fue fundamental para el desarrollo de este proyecto.

A la Dirección General de Investigación, Desarrollo e Innovación de la Universidad Científica del Sur, quienes a través del Concurso de Fondos para Proyectos de Tesis, financiaron este proyecto de investigación.

También, al Sr. Jorge Antonio García Zulueta y familia, quienes me permitieron realizar la parte experimental del proyecto en su finca de cacao (San Martín, Perú), y me recibieron en su hogar por unos meses, lo cual fue una experiencia enriquecedora para mi vida personal y profesional.

Por último, al Departamento de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, de la Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV), por ceder el Laboratorio de Ecología y Biodiversidad Animal (LEBA) y los equipos necesarios para el éxito de esta tesis, y a sus integrantes, quienes me apoyaron durante la identificación taxonómica de las especies recolectadas.

ÍNDICE GENERAL

COPIA DE ACTA DE SUSTENTACIÓN.....	1
DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTOS	3
RESUMEN	5
ABSTRACT	6
INTRODUCCIÓN.....	11
MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
ASPECTOS ÉTICOS.....	23
RESULTADOS	24
DISCUSIÓN.....	31
CONCLUSIONES	34
CONFLICTO DE INTERESES.....	35
REFERENCIAS	36
ANEXOS	44
EVIDENCIA DEL ENVÍO A REVISTA CIENTÍFICA.....	44
COPIA DE CARTA DE APROBACIÓN ACADÉMICA; Error! Marcador no definido.	
COPIA DE DOCUMENTO DE APROBACIÓN DE COMITÉ DE ÉTICA	46

RESUMEN

Introducción: Muchas plantas dependen de un tipo de polinizador específico, y si éste es alterado no se logrará que la planta del cultivo produzca el fruto o presente las mismas características. Este es el caso del cultivo cacao (*Theobroma cacao* L.), cuya flor presenta una estructura que permite que solo sea polinizada por insectos del orden díptero, de la familia Ceratopogonidae, principalmente del género *Forcipomyia*. Sin embargo, este polinizador podría estar viéndose afectado debido a que, en los últimos años, el cultivo de cacao ha sufrido un ataque más intenso de plagas, y por lo tanto, un mayor uso de pesticidas, de los cuales no se ha estudiado el impacto sobre su polinizador.

Objetivo: Evaluar el riesgo ambiental de la aplicación de cuatro pesticidas convencionales utilizados en el cultivo de cacao (cipermetrina, carbofurano, oxiclورو de cobre y clorpirifos) sobre su principal polinizador, *Forcipomyia*

spp. **Materiales y Métodos:** Se evaluó el riesgo ambiental analizando el índice de abundancia de *Forcipomyia* spp., cuyos individuos fueron obtenidos de su incubación y captura en cajas de emergencia con hojarasca de cacao contaminada con cada pesticida (tratamientos) a lo largo de tres evaluaciones quincenales. Las muestras de hojarasca fueron recogidas de una finca de cacao en el centro poblado de Sangamayoc, distrito de Barranquita, provincia Lamas, región San Martín, Perú. El análisis estadístico comparó la abundancia obtenida de *Forcipomyia* spp. entre los cuatro tratamientos a través de la prueba de chi-cuadrado de bondad de ajuste. **Resultados:** Los resultados revelaron que el pesticida clorpirifos fue el que presentó mayor riesgo ambiental sobre la abundancia de *Forcipomyia* spp., seguido en orden

decreciente por cipermetrina, carbofurano y oxiclورو de cobre. En la primera evaluación se observó una caída considerable en la abundancia del polinizador, seguido de una leve recuperación en las evaluaciones posteriores, determinando un tiempo de vida útil promedio de los pesticidas utilizados de 15 días. **Conclusiones:** Se concluye que el pesticida clorpirifos presenta el mayor riesgo ambiental sobre la abundancia de *Forcipomyia* spp., y el oxiclورو de cobre el de menor o nulo riesgo. Además, *Forcipomyia* spp. demostró ser un buen indicador de evaluación de riesgo ambiental por aplicación de pesticidas debido a la sensibilidad demostrada frente a los pesticidas utilizados.

PALABRAS CLAVE: Abundancia, cajas de emergencia, hojarasca, polinización

ABSTRACT

Introduction: Many plants depend on a specific type of pollinator, and if this is altered it will not achieve that the plant of the crop produces the fruit or presents the same characteristics. This is the case of the cocoa crop (*Theobroma cacao* L.), whose flower presents a structure that allows it to be pollinated only by insects of the order Diptera, of the family Ceratopogonidae, mainly of the genus *Forcipomyia*. However, this pollinator could be affected due to the fact that, in recent years, the cocoa crop has suffered a more intense attack from pests, and therefore, a greater use of pesticides, of which the impact on its pollinator has not been studied. **Objective:** Assess the environmental risk of the application of four conventional pesticides (cypermethrin, carbofuran, copper oxychloride and chlorpyrifos) in cocoa cultivation on their main pollinator, *Forcipomyia* spp.

Materials and Methods: Environmental risk was evaluated by analyzing the

abundance index of *Forcipomyia* spp., whose individuals were obtained from its incubation and capture in emergency boxes with cocoa leaves contaminated with each pesticide (treatments) along three biweekly evaluations. Leaf samples were collected from a cocoa farm in the town center of Sangamayoc, Barranquita district, Lamas province, San Martín region, Peru. The statistical analysis compared the abundance of *Forcipomyia* spp. among the four treatments through the chi-square test of goodness of fit. **Results:** The results revealed that the pesticide chlorpyrifos was the one that presented the greatest environmental risk to the abundance of *Forcipomyia* spp., followed in decreasing order by cypermethrin, carbofuran and copper oxychloride. The first evaluation saw a significant drop in pollinator abundance, followed by a slight recovery in subsequent evaluations, determining an average shelf life of the pesticides used of 15 days. **Conclusions:** It is concluded that the pesticide chlorpyrifos presents the highest environmental risk on the abundance of *Forcipomyia* spp. and copper oxychloride the lowest or no risk. In addition, *Forcipomyia* spp. proved to be a good indicator of environmental risk assessment by application of pesticides due to the sensitivity shown to the pesticides used.

KEY WORDS: Abundance, emergency boxes, leaf litter, pollination

**Avaliação de risco ambiental da aplicação de quatro pesticidas em
Forcipomyia spp. (Diptera: Ceratopogonidae) da cultura do cacau
(*Theobroma cacao* L.), em San Martin, Peru**

RESUMO

Introdução: Muitas plantas dependem de um tipo específico de polinizador, e se este for alterado, a planta da cultura não produzirá o fruto ou não apresentará as mesmas características. É o caso da cultura do cacau (*Theobroma cacao* L.), cuja estrutura floral permite que seja polinizada apenas por insectos da ordem diptera, da família *Ceratopogonidae*, principalmente do género *Forcipomyia*. Contudo, este polinizador pode ser afectado porque, nos últimos anos, o cultivo do cacau tem sofrido um ataque mais intenso de pragas e, portanto, uma maior utilização de pesticidas, cujo impacto no seu polinizador não foi estudado. **Objectivo:** Avaliar o risco ambiental da aplicação de quatro pesticidas convencionais utilizados no cultivo do cacau (cipermetrina, carbofurão, oxicloreto de cobre e clorpirifos) no seu polinizador principal, *Forcipomyia* spp. **Materiais e Métodos:** O risco ambiental foi avaliado através da análise do índice de abundância de *Forcipomyia* spp, cujos indivíduos foram obtidos a partir da sua incubação e captura em caixas de emergência com folhas de cacau contaminadas com cada pesticida (tratamentos) ao longo de três avaliações quinzenais. Foram recolhidas amostras de folhas numa exploração de cacau na cidade de Sangamayoc, distrito de Barranquita, província de Lamas, região de San Martin, Peru. A análise estatística comparou a abundância de *Forcipomyia* spp. entre os quatro tratamentos através do teste qui-quadrado de bondade de aptidão. **Resultados:** Os resultados revelaram que o pesticida clorpirifos foi o que apresentou maior risco ambiental sobre a

abundância de *Forcipomyia* spp. seguido em ordem decrescente pela cipermetrina, carbofurão e oxicloreto de cobre. Na primeira avaliação, observou-se uma queda considerável na abundância de polinizadores, seguida de uma ligeira recuperação nas avaliações subsequentes, determinando um prazo médio de validade dos pesticidas utilizados de 15 dias. **Conclusões:** Conclui-se que o pesticida clorpirifos apresenta o maior risco ambiental sobre a abundância de *Forcipomyia* spp. e oxicloreto de cobre, o menor ou nenhum risco. Além disso, *Forcipomyia* spp. provou ser um bom indicador da avaliação dos riscos ambientais através da aplicação de pesticidas devido à sensibilidade demonstrada aos pesticidas utilizados.

PALAVRAS-CHAVE: Abundância, caixas de emergência, lixo, polinização