

UNIVERSIDAD DE HUANUCO

ESCUELA DE POSGRADO

PROGRAMA ACADÉMICO DE MAESTRÍA EN INGENIERÍA, CON
MENCION EN GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE



TESIS

**“USO DE TRAMPAS AZULES, AMARILLAS Y NEGRAS EN LA
CAPTURA DE SIMÚLIDOS (*Simulium sp.*) EN LA CIUDAD DE
HUÁNUCO Y ALREDEDORES”**

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN
INGENIERÍA, CON MENCION EN GESTIÓN AMBIENTAL Y
DESARROLLO SOSTENIBLE

AUTOR: Calderón Tito, René

ASESOR: Cruz Huacachino, Maximiliano

HUÁNUCO – PERÚ

2020

U

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional ()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Protección del medio ambiente y equilibrio del ecosistema (agua, conflictos ambientales)

AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2018-2019)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ciencias naturales

Sub área: Biología

Disciplina: Zoología, Ornitología, Entomología, Etología

D

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado a recibir: Maestro en ingeniería, con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible

Código del Programa: P26

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 07861338

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 22409624

Grado/Título: Magister en educación gestión y planeamiento educativo

Código ORCID: 0000-0002-9316-4703

H

DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Campos Ríos, Bertha Lucila	Magister en educación gestión y planeamiento educativo	19939411	0000-0002-5662-554X
2	Jacha Rojas, Johnny Prudencio	Maestro en ingeniería de sistemas e informática con mención en: gerencia de sistemas y tecnologías de información	40895876	0000-0001-7920-1304
3	Tarazona Mirabal, Herman Atilio	Magister en salud pública y gestión sanitaria gestión y planeamiento educativo	22411008	0000-0001-5319-4708



ACTA DE SUSTENTACIÓN DEL GRADO DE MAESTRO EN INGENIERÍA

En la ciudad de Huánuco, siendo las 15:00 horas del día 25 del mes de noviembre del año 2020, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el sustentante y el Jurado Calificador mediante la plataforma virtual Google meet integrado por los docentes:

- Mg. BERTHA LUCILA CAMPOS RÍOS
- Mg JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS
- Mg. HERMAN ATILIO TARAZONA MIRABAL

Nombrados mediante resolución N° 757-2019-D-EPG-UDH; para evaluar la tesis intitulada **"USO DE TRAMPAS AZULES, AMARILLAS Y NEGRAS EN LA CAPTURA DE SIMÚLIDOS (*Simulium sp.*) EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO Y ALREDEDORES"** Presentado por el Bach. CALDERON TITO, Rene para optar el grado de maestro en Ingeniería, con mención en Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible.

Dicho acto de sustentación se desarrolla en dos etapas: exposición y absolución de preguntas procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros de jurado.

Habiéndose absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias procedieron a deliberar y calificar, declarándolo **aprobado** por **unanimidad** con calificativo cuantitativo de **16** y cualitativo de **bueno**.

Siendo las **17:05** horas del día miércoles 25 del mes de noviembre del año dos mil veinte, los miembros del jurado calificador firman la presente acta en señal de conformidad.

Presidente

Mg. Bertha Lucila Campos Ríos

Secretario

Mg Johnny Prudencio Jacha Rojas

Vocal

Mg. Herman Atilio Tarazona Mirabal

DEDICATORIA

A mis padres Rodolfo y Balbina, dignos ejemplos de vida y pilares fundamentales en mi formación humana integral.

A mis hijos Roger y Luciana, motores que impulsan mi desarrollo y dan sentido a mi existencia.

A mis hermanos Antonio y Miguel, muestras infinitas del amor y unión fraternal.

A Marilyn, mi compañera ideal, caminante incansable a mi lado y soporte en mis momentos adversos.

AGRADECIMIENTOS

- ✓ A Dios, por su diaria bendición a pesar de mis imperfecciones.
- ✓ A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por sentar las bases de mi formación profesional.
- ✓ A la Universidad de Huánuco, por los conocimientos brindados y la oportunidad de escalar un peldaño más en mi vida académica y profesional.
- ✓ Al Mg. Maximiliano Cruz Huacachino, asesor de esta tesis, por su tiempo y dedicación brindados.
- ✓ Al Mg. Frank Erick Cámara Llanos, por su apoyo desinteresado.
- ✓ A Víctor Díaz Silva, Serafín Andrade Aguirre y Oscar Olórtegui Álvarez, por su apoyo en los trabajos de campo.
- ✓ A todos quienes directa o indirectamente contribuyeron con este sueño, hoy realizado.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
INTRODUCCIÓN.....	xi
CAPÍTULO I	13
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
1.1. Descripción del Problema	13
1.2. Formulación del Problema	20
1.3. Objetivo General	20
1.4. Objetivos específicos	20
1.5. Trascendencia de la Investigación	20
1.5.1. Trascendencia teórica.	20
1.5.2. Trascendencia técnica.....	21
1.5.3. Trascendencia académica.....	21
CAPÍTULO II	22
2. MARCO TEÓRICO.....	22
2.1. Antecedentes de la investigación.....	22
2.1.1. Antecedentes Internacionales	22
2.1.2. Antecedentes Nacionales	24
2.1.3. Antecedentes Locales	24
2.2. Bases Teóricas	35
2.2.1. Antecedentes históricos.	35
2.2.2. Interés público.....	41
2.2.3. Motivos de estudio sobre Simuliidae en el mundo.	43
2.2.4. Identificación de la especie predominante.....	44
2.2.5. Ritmo de actividad hematófaga horaria.	45

2.2.6.	Control de simúlidos.....	47
2.2.7.	Método etológico para el control de simúlidos.	48
2.2.8.	Atrayentes físicos.	50
2.2.9.	Trampas pegajosas de colores.....	50
2.2.10.	Trampeo masivo.....	52
2.3.	Definiciones Conceptuales.....	52
2.3.1.	Dípteros.....	52
2.3.2.	Distribución de los dípteros.	54
2.3.3.	Los simúlidos.	55
2.3.4.	Clasificación Taxonómica de los simúlidos.....	57
2.3.5.	Morfología de los simúlidos.	58
2.3.6.	Biología	61
2.3.7.	Ciclo de Vida.	64
2.3.8.	Enemigos naturales.....	71
2.3.9.	Enfermedades	72
2.3.10.	Índices Entomológicos.....	73
2.3.11.	Concepto de manejo integrado de plagas (MIP).....	75
2.3.12.	Innovaciones en las técnicas biológicas y genéticas para el control de mosquitos	78
2.4.	Sistema de Hipótesis	85
2.4.1.	Hipótesis.	85
2.4.2.	Sistema de Variables.	86
2.5.	Operacionalización de variables	86
CAPÍTULO III		87
3.	MARCO METODOLÓGICO	87
3.1.	Tipo de Investigación	87
3.1.1.	Enfoque.....	87
3.1.2.	Alcance o Nivel.....	88
3.1.3.	Diseño.....	88
3.2.	Población y Muestra	89
3.2.1.	Población.	89
3.2.2.	Muestra.	90

3.3.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	91
3.3.1.	Técnicas de recolección de datos.	91
3.3.2.	Instrumentos de recolección de datos.	91
3.3.3.	Validación de la Metodología.....	93
3.4.	Técnicas para el procesamiento de análisis de la información	94
3.4.1.	Estadística descriptiva.....	94
3.4.2.	Diseño Experimental.	94
CAPITULO IV		97
4.	RESULTADOS.....	97
4.1.	Relatos y Descripción de la Realidad Observada	97
4.2.	Conjunto de Argumentos Organizados (Datos).....	97
CAPÍTULO V		109
5.	DISCUSIÓN	109
5.1.	Propuesta de solución al problema	109
5.2.	Sustentación de la propuesta.....	109
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		114
Conclusiones.....		114
Recomendaciones.....		115
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		116
ANEXOS		123
Anexo 01. Matriz de consistencia		124
Anexo 02. Mapa satelital de ubicación de la investigación		125
Anexo 03. Plano de ubicación del proyecto		126
Anexo 04. Árbol de problemas (Causas y efectos)		127
Anexo 05. Árbol de objetivos (Medios y fines)		128
Anexo 06. Evidencias fotográficas.....		129

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Simúlidos - Vigilancia Entomológica - Año 2017	28
Tabla 2. Simúlidos - Vigilancia y Control - Marzo a Junio 2018.....	29
Tabla 3. Simúlidos - Vigilancia Entomológica - Año 2019	30
Tabla 4. Fases del Manejo Integrado de Simúlidos	40
Tabla 5. Operacionalización de Variables.....	86
Tabla 6. Puntos de Control	91
Tabla 7. Fichas de conteo por color de trampa	92
Tabla 8. Ficha Resumen.....	92
Tabla 9. Análisis de Varianza (ANOVA) para el Diseño Completamente al Azar	96
Tabla 10. Ficha de conteo para el color de trampa Amarillo.....	97
Tabla 11. Ficha de conteo para el color de trampa Azul	98
Tabla 12. Ficha de conteo para el color de trampa Negro.....	98
Tabla 13. Ficha Resumen.....	99
Tabla 14. Prueba de homogeneidad de varianzas de la variable dependiente.....	100
Tabla 15. Prueba de normalidad de la variable Color de Trampa	101
Tabla 16. Análisis de Varianza para la Variable Color de Trampa	103
Tabla 17. Medias de las Trampas para la Variable Color de Trampa.....	104
Tabla 18. Análisis de Comparaciones Múltiples para la Variable Color de Trampa	106
Tabla 19. Análisis de medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos para la variable independiente Color de Trampa después de aplicar los tratamientos	107

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Parte externa de un Díptero.....	54
Figura 2. Simúlido hembra posado sobre la piel	57
Figura 3. Vista externa de un simúlido adulto	60
Figura 4. Ciclo biológico de los simúlidos	62
Figura 5. Huevos de simúlidos.....	66
Figura 6. Larva de <i>Simulium sp.</i>	68
Figura 7. Pupa de <i>Simulium sp.</i> dentro de capullo	69
Figura 8. Ubicación del estudio.....	90
Figura 9. Resultado de la cantidad de simúlidos en porcentajes por color de trampa.	100
Figura 10. Medias de las trampas según su color.	105

RESUMEN

La presente pesquisa tuvo como tema principal la captura de simúlidos basada en su comportamiento, específicamente en la respuesta sensible positiva a una determinada longitud de onda de los colores Azul, Amarillo y Negro, con el finalidad de establecer el color más atractivo y, por lo tanto, contribuya a capturar el mayor número de simúlidos, para aplicarse con los métodos de control orientados a la reducción de la población de simúlidos en la ciudad de Huánuco y alrededores.

Se usaron 300 trampas adhesivas, distribuidas en 10 Puntos de Control, 3 Colores por punto de control y con 10 semanas de evaluación.

El análisis nos permitió rechazar la hipótesis nula H_0 (los resultados en las trampas son iguales), y aceptar la hipótesis alterna H_1 (los resultados en la trampas son estadísticamente diferentes).

Los resultados observados en campo nos mostraron que el color amarillo resultó más atractivo para los simúlidos, lo cual fue corroborado estadísticamente, ya que los colores de trampas tienen diferencia significativa entre sí para la captura de simúlidos. Por lo tanto, se identificó el color Amarillo como el adecuado para ser utilizado como trampa de color en la captura de simúlidos presentes en la ciudad de Huánuco y alrededores.

PALABRAS CLAVE: Simúlidos, Salud Ambiental, Manejo Integrado de Plagas, Control Etológico de Insectos.

ABSTRACT

The present work of investigation had like main subject the capture of simulidos based on its behavior, specifically in the positive sensible answer to a certain wavelength of the colors Blue, Yellow and Black, with the purpose of establishing the most attractive color and, therefore, it contributes to capture the greater number of simulidos, to be applied with the methods of control oriented to the reduction of the population of simulidos in the city of Huánuco and surroundings.

300 sticky traps were used, distributed in 10 Control Points, 3 Colors per control point and with 10 weeks of evaluation.

The analysis allowed us to reject the null hypothesis H_0 (the results in the traps are the same), and accept the alternative hypothesis H_1 (the results in the traps are statistically different).

The results observed in the field showed us that the yellow color was more attractive for the simulidos, which was statistically corroborated, since the colors of the traps have a significant difference between them for the capture of simulidos. Therefore, the yellow color was identified as suitable to be used as a color trap in the capture of simulidos present in the city of Huánuco.

KEY WORDS: Simulidos, Environmental Health, Integrated Pest Management, Ethological Control of Insects

INTRODUCCIÓN

El incremento de la población de simúlidos en varios países, colonizando distintos sistemas ecológicos de los cuerpos de agua y agrícolas, está relacionado estrechamente con la calidad del agua. En el Perú, la ciudad de Huánuco se ha visto afectada por esta plaga en los últimos años, ocasionando daños a la salud en humanos y animales. Ante esto, se plantea la necesidad de incorporar nuevas técnicas de control poblacional de simúlidos a niveles que no sean dañinos. El presente estudio está orientado al control de simúlidos en la ciudad de Huánuco, mediante el comportamiento ante un determinado color, resultados que podrían ser incorporados como parte de un manejo integrado de esta plaga, con un bajo impacto ambiental.

El estudio contiene seis capítulos: El primer Capítulo, Planteamiento del Problema de los simúlidos en la ciudad de Huánuco, los objetivos y su trascendencia. El Capítulo segundo corresponde al Marco Teórico, en el cual se consideran las referencias internacionales, nacionales y locales como: Proyectos, Trabajos de investigación, Monitoreos, etc. También se considera la teoría sobre la especie: anatomía, fisiología, comportamiento, ciclo de vida, métodos de control, etc., así como el Sistema de Hipótesis, Variables y su operacionalización. El capítulo tercero contiene el Marco Metodológico, Tipo de Investigación, Población, Muestra, Recojo, Proceso y análisis de los datos. El Capítulo cuarto muestra los Resultados del trabajo de investigación, con la descripción de la realidad observada y los datos organizados, procesados e interpretados. El quinto Capítulo describe

la Discusión, contrastando el marco teórico con los resultados obtenidos, sustentando la solución del problema. El capítulo seis contiene las Conclusiones y Recomendaciones, basadas en la hipótesis, objetivos y el problema. El trabajo concluyó con la determinación del color amarillo como el más atractivo para los simúlidos, recomendándose que sea utilizado como trampa y, de esta forma, contribuir con el manejo integrado de esta plaga y reducir la población de simúlidos en la ciudad de Huánuco y alrededores.

CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del Problema

A nivel global, el problema de los simúlidos ha ido en aumento, por ejemplo, hasta hace unos años, estas moscas negras solo se circunscribían a formar parte exclusivamente del hábitat de los ríos españoles, por lo tanto, sólo eran estudiados desde un enfoque limnológico. En los últimos 20 años se produjo un excesivo aumento poblacional de estos insectos, lo que permitió el acceso y conquista de nuevos ecosistemas fluviales y agrícolas. Esto tiene relación directa con el incremento de la calidad de las aguas en los cauces y el consecuente surgimiento de macrófitos en ellas. (Ruiz-Arrondo y Alarcón-Elbal, 2014).

La población de los valles cercanos a la ciudad de Arica, y muchas veces, habitantes de la misma ciudad, se mostraron muy afectados por las molestias ocasionadas por picaduras de jerjeles. Su efecto dañino sobre el hombre y los animales domésticos ha promovido el uso de insecticidas por repetidas veces para su control, por parte de las autoridades. El riesgo que puede traer su uso excesivo, es romper la armonía de los ecosistemas; y la necesidad de repetir las aplicaciones, ha provocado inquietud de investigadores, quienes están en el intento de conocer su bioecología, investigaciones que seguramente brindarán la base racional para su control (Vitta y Estay, 2017).

En Chile, algunas especies ocasionan serios problemas a los pobladores de los valles de la región de Arica-Parinacota. Según la OMS, Chile no es un país endémico. La oncocercosis es una enfermedad de lugares tropicales, principalmente.

Casi el 100% de los individuos infectados están distribuidas en 31 países que se encuentran en el África subsahariana. Al 20 de julio de 2016, la propagación del parásito perdura en el Brasil y en Venezuela. (Oncocercosis, 2019).

La oncocercosis o "ceguera de los ríos" es ocasionada por un parásito denominado *Onchocerca volvulus*. El contagio a los humanos se realiza por la constante exposición a las picadas de moscas negras (género *Simulium*) infectadas. Sus síntomas principales son: irritación intensa de la piel, lesiones cutáneas deformantes y disminución de la capacidad visual, que puede acarrear ceguera permanente. La mayoría de los individuos infectados se encuentran en África, aunque también hay cierta data de la presencia de la patología en América Latina y el Yemen. (Organización Panamericana de la Salud, 2019).

No se ha encontrado reportes significativos de información sobre plagas de simúlidos a nivel nacional.

En el departamento de Huánuco, el río Huallaga se encuentra formando un valle interandino importante entre las provincias de Huánuco, Ambo, y Santa María del Valle. El río Huallaga ha sido siempre hábitat de gran variedad de flora y fauna acuática, pero por

el accionar antrópico se ha venido dañando este ecosistema de manera gradual. (UNALM-CEPID, 2008).

El crecimiento demográfico, sumado a la dinámica propia del progreso, ha producido la polución del río Huallaga y afluentes (basura, residuos sólidos, insecticidas usados en la agricultura, aguas de los desagües de Huánuco y diversas ciudades que desembocan en el río). Otra complicación es la reducción del caudal de los ríos en época seca al formarse mayores superficies para el desarrollo de la especie (ramas, arbustos), así también, la contaminación por la descarga de residuos sólidos de origen orgánico e inorgánico. (Santisteban y Dale, 2004).

El valle de Huánuco se desarrolla en ambas riberas del río Huallaga, en la zona de vida ecológica: monte espinoso-Premontano Tropical mte-PT; según Santisteban & Dale (2004), entre la biodiversidad del valle, la especie de mosquito *Simulium bicoloratum* siempre ha estado presente en forma endémica, pero no en condiciones de plaga. Hasta antes del año 1995 y entre los meses de junio a noviembre, los mosquitos se hacían presentes en el valle pero en menor número, siendo perceptibles por la población pero a la vez su presencia era tolerable, restringiéndose su ámbito de influencia al cauce del río Huallaga y sus orillas, y focalizándose solo en algunas zonas puntuales del trayecto del río. (Estela et al., 2006).

Los efluentes líquidos vertidos y residuos sólidos arrojados al río Huallaga vienen contaminado sus aguas y márgenes, deteriorando

su calidad y presentando niveles de eutrofización, que se caracteriza por la presencia de gran cantidad de materia orgánica en descomposición que ha reducido de manera considerable muchas especies vegetales y animales que controlaban de forma natural el crecimiento poblacional del *S. bicolatum*, teniéndose a la fecha ecosistemas desequilibrados y degradados. Como efecto de la disminución de peces, batracios, aves e insectos, sumándose a ello la abundante materia orgánica en descomposición presente en las aguas del río Huallaga, los mosquitos presentan una curva de crecimiento poblacional tipo “J” convirtiéndose en plaga, cuyo máximo valor se presenta entre los meses de junio a noviembre, para hacer un paréntesis o en los meses lluviosos de diciembre a mayo. Desde junio hasta noviembre, las *S. bicolatum* hembras (que son hematófagas), causan mucha molestia a la gente con sus excesivas picadas, que muchas veces se vuelven llagas con ronchas e irritación; de acuerdo a la sensibilidad de la persona y a la cuantía de picaduras recibidas puede presentarse un síndrome conocido como la “fiebre de simúlidos” que involucra: dolor de cabeza, (cefalea), náuseas, fiebre y aumento del tamaño de los ganglios linfáticos (adenitis); en algunas personas, el rostro, los brazos y otras partes expuestas, resultan con edemas. Sin embargo, por bibliografía se sabe que estas picaduras producen otras enfermedades ya que los mosquitos pueden ser constituir vectores patógenos. (Estela et al., 2006).

En el área urbana, los pobladores muestran intolerancia por las picaduras del simúlido y se hace evidente en las diferentes actividades cotidianas que realizan. En el área rural, las picaduras del simúlido afectan a los pobladores en sus diferentes trabajos agrícolas y en la ganadería; existiendo registros sobre la afección a la salud animal, causando estomatitis vesicular, especialmente en ganado vacuno. (UNALM-CEPID, 2008).

Existen casos notificados de los efectos por picaduras de simúlidos, en la provincia de Huánuco y parte de la provincia de Ambo, durante los años 2006 y 2007, según reportes del SENASA – Huánuco, donde se ha reportado varios casos de enfermedad vesicular en los ganados bovinos y equinos. (SPDE, 2011).

Los simúlidos pueden ser calificados como plagas debido al perjuicio que producen en la salud de las personas y los animales. En la ciudad de Huánuco y su entorno, se ha presentado en los últimos años, alta densidad poblacional de simúlidos, causando intolerancia a su picadura. El razonamiento sobre el cual se juzga a esta especie como plaga está basado primordialmente en la no tolerancia a la picadura y exanguinación que producen los adultos hembras. (UNALM-CEPID, 2008).

Estudios realizados en el 2004 por la UNALM y personal metaxénico de la DESA – HUANUCO, indican que estos insectos están activos durante el día (9 a 11 am. y de 3 a 5 pm.), y normalmente pican en lugares donde no hay mucho viento y en

donde hay vegetación como la Alameda y el Malecón, a la vez las zonas más infestadas en la ciudad de Huánuco son: La Alameda, el Malecón, La Esperanza y los canales de riego, llegando a volar hasta unos 20 Km. en busca de su alimento: La sangre. (UNALM-CEPID, 2008)

En el departamento de Huánuco, según información del área de epidemiología de la DIRESA, esta especie de simúlido no transmite enfermedad alguna a las personas, como la oncocercosis, pero es bien conocido el malestar que origina en los pobladores, fundamentalmente en los infantes y bebés, donde la comezón de la picadura originan heridas las cuales se infectan y comúnmente están acudiendo a la posta de salud para curar la infección. (Santisteban y Dale, 2004).

Otro efecto perjudicial que se podría asumir (aún no cuantificado), es la posible disminución o el poco tiempo de permanencia de los turistas extranjeros y nacionales, debido al fastidio por la presencia de simúlidos, lo que podría estar afectando a los negocios e industria en la provincia de Huánuco. (Elaboración propia).

En la población rural se realizan prácticas para repeler los insectos como: fumigar sus casas con la quema de bosta, eucalipto, otras hierbas, usadas en manojos para el escozor y picadura, en emplastos, sahumeros y lavados, como desinflamatorios y curativos de las infecciones de las heridas provocadas por los simúlidos. Así también, se pudo observar el uso del aceite quemado de dos

maneras: preventivo (en las personas) y curativo en los animales. (SPDE, 2011).

De otro lado, en la evaluación del cauce de los ríos Huallaga, Higuera, Garbanzo, Huertas y Huancachupa, se ha encontrado que a mayor valor de DBO (Demanda bioquímica de oxígeno) coincidentemente hay mayor densidad de población de simúlidos, en tanto que al disminuir estos valores, la densidad se muestra en menor número. También ha sido posible encontrar que los ríos con mayor número de pobladores y condiciones sanitarias de agua y desagüe han producido una cantidad mayor de descargas, incrementado la cantidad de materia orgánica en los ríos, tal es el caso del río Huallaga en los tramos con las confluencias Huertas y Garbanzo. (SPDE, 2011).

En el trabajo de investigación denominado “Índice de larvas y adultos de *Simúlidos spp.* en el río Huallaga y sus afluentes Huánuco 2019”, realizado por la Dirección Regional de Salud Huánuco, se encontró alto índice de adultos y larvas de simúlidos en los ríos Huallaga y Garbanzo, con Índices de Picaduras Hombre (IPHH) de 150 y 142, respectivamente, así como también alto Índice de Larvas en los ríos Huancachupa y Ambo, con 58 y 36 larvas/m², respectivamente. (Dirección Regional de Salud Huánuco, Villarreyes et al., 2019).

Ante esta realidad, es necesario plantear alternativas de control de simúlidos para contribuir a disminuir la población de éstos.

Dichas alternativas deben ser propuestas amigables con el medio ambiente, como el uso de técnicas como el control etológico mediante trampas de colores para la captura de simúlidos. Por lo tanto, se debe comparar varios colores de trampas para establecer si la diferencia en las colores tiene que ver con la afinidad por parte de los simúlidos hacia ese color, y consiguientemente, determinar el color adecuado que logra capturar mayor cantidad de simúlidos.

1.2. Formulación del Problema

¿El color de trampa determina la cantidad de simúlidos a capturar en la ciudad de Huánuco y alrededores?

1.3. Objetivo General

Comparar tres colores de trampas adhesivas para la captura de simúlidos en la ciudad de Huánuco y alrededores, en el año 2014.

1.4. Objetivos específicos

- Determinar las diferencias significativas entre los colores de trampa para la captura de simúlidos.
- Identificar el color para la trampa que capture la mayor cantidad de simúlidos.

1.5. Trascendencia de la Investigación

1.5.1. Trascendencia teórica.

La trascendencia teórica de este estudio se sustenta en su contribución con el incremento de base teórica de consulta para investigaciones posteriores, enriqueciendo el acervo bibliográfico.

1.5.2. Trascendencia técnica.

El estudio tiene trascendencia técnica, debido a su contribución al control etológico de la plaga de simúlidos, para su aplicación práctica, de mínimo impacto ambiental, y como método complementario a los utilizados comúnmente y como parte del Manejo Integrado de Plagas.

Este estudio pretende contribuir con las técnicas para disminuir la incidencia de picaduras por simúlidos a personas y animales que, con características de plaga invaden las ciudades (Huánuco, Amarilis, Pillco Marca y alrededores) asentándose en ambos márgenes del río Huallaga y afluentes en época de caudal mínimo, de junio a noviembre.

1.5.3. Trascendencia académica.

Académicamente, este trabajo de investigación servirá de base para promover trabajos adicionales o complementarios relacionados al tema.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

En junio del 2014, la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Zaragoza, España a través de su Departamento de Patología Animal, realizó un estudio sobre la expansión de los simúlidos en España, concluyendo que los éstos, solo habían sido estudiados considerando los aspectos físico-biológicos de los sistemas ecológicos de agua dulce. Ahora, los estudios toman otro enfoque, debido a su incremento de su población y al impacto de éste sobre la salud pública y la producción animal. Este nuevo contexto amerita, de todas maneras, redoblar esfuerzos en muchos ámbitos de la sociedad, fortaleciéndose los estudios en torno a esta nueva plaga. (Ruiz-Arrondo y Alarcón, 2014).

El 2017 en África, se trataron contra la Oncocercosis, aprox. 142 millones de individuos, a quienes se les administró ivermectina como tratamiento. Esto significa el 69,6% de la cantidad de individuos que demandan medicación a nivel global. El ESPEN (Proyecto Especial Ampliado para la Eliminación de Enfermedades Tropicales Desatendidas en África, fue establecido para cubrir las cinco enfermedades tropicales no atendidas, contra las que se utiliza la

quimioterapia preventiva, y tiene cuatro objetivos principales:

1. Ampliar el suministro de tratamientos hasta cubrir geográficamente el 100%,
2. Disminución progresiva: suspender los tratamientos cuando se interrumpe la transmisión o se logra controlar,
3. Mejorar las técnicas de información para adoptar acciones basadas en ensayos científicos, y
4. Optimizar el uso de medicamentos provenientes de donaciones mediante la mejora de la gestión de los trámites logísticos.

En 1992, se puso en marcha el OEPA (Programa para la Eliminación de la Oncocercosis en América) con la finalidad de eliminar hasta el año 2015, la enfermedad y su propagación en toda América, a través de la aplicación de ivermectina cada seis meses, a grandes escalas. En el año 2006, se alcanzó la cobertura de aprox. el 85% en los 13 ámbitos del continente, y hasta este año 2019, la propagación se ha detenido en 11 de los 13 lugares. Los mayores esfuerzos para erradicar esta patogenia ahora están encaminados hacia la etnia Yanomami, que habita en Brasil y Venezuela. (Organización Panamericana de la Salud, 2019).

El Centro INIA-Ururi y el Laboratorio Entomológico de INIA-La Platina, con soporte de la empresa Valent Biosciences S.A. de Chile, y con los especialistas: Dr. Robert Fusco, Senior Field Development Scientist, Valent BioSciences (USA),

Paulo de Tarso Ribeiro Vilarinhos, Technical Development Specialist, Valent BioSciences (Brasil), y Gonzalo Maturana, Gerente General de Valent BioSciences, SUMITOMO CHEMICAL Latin America (Chile), realizaron el levantamiento de las poblaciones de simúlidos en la Región de Arica y Parinacota, con el financiamiento del Gobierno Regional de Arica Parinacota en junio del 2013. (Vitta y Estay, 2017).

2.1.2. Antecedentes Nacionales

No se han reportado investigaciones o trabajos de control de simúlidos a nivel nacional.

2.1.3. Antecedentes Locales

El 04 de setiembre del 2019, con el objetivo de controlar el aumento de simúlidos que aquejan a la población huanuqueña, el Gobierno Regional Huánuco (GOREHCO) y la Universidad Nacional Hermilio Valdizán (UNHEVAL), suscribieron un convenio, a través del cual, se otorgó en cesión de uso el laboratorio de biotecnología para el control de los simúlidos. El laboratorio está ubicado en la Facultad de Ingeniería Industrial, para continuar el trabajo de investigación científica. Este proyecto en el cual se invirtió S/ 1'903,318.03 soles, empezó hace cinco años y quedó paralizado durante tres años (2015-2017), pero en 2018 se retomó y se logró el control biológico de simúlidos en el río Huallaga y sus afluentes. (Diario Ahora, 2019).

El 19 de octubre del 2018, se reinició el proyecto de control de simúlidos en Huánuco; con un recorrido para identificar los puntos donde se efectuará el monitoreo de la densidad de larvas de los simúlidos, la calidad de agua y el caudal de los afluentes. Se dio inicio a la ejecución del proyecto para controlar los simúlidos desde Huánuco, hasta Ambo y Santa María del Valle, en las orillas del río Huallaga. En los dos meses finales del año, se concluirá el proyecto pendiente iniciado el 2014 y suspendido el 2015. Asimismo, se capacitará al equipo técnico que se hará cargo de la sostenibilidad del proyecto, y en el laboratorio ubicado en la UNHEVAL se continuará la producción de 500 litros del producto biológico Bti que se empleará para el control de simúlidos en las zonas de mayor densidad larvaria; luego habrá evaluación de los resultados antes de culminar el presente año (Editorahora, 2018).

El año 2016, el GOREHCO a través de la Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión Ambiental, realizó un informe sobre los 216 puntos críticos de contaminación del río Huallaga y la falta de interés de las municipalidades para dar solución a la propagación de simúlidos en los últimos meses. El año 2009, las municipalidades de Huánuco, Amarilis, Santa María del Valle y Pillco Marca, suscribieron un Convenio Interinstitucional para colaborar con la ejecución del

PIP “Manejo Integrado de Simúlidos en la ciudad de Huánuco y alrededores”, donde las municipalidades se comprometieron en financiar los costos operativos de este proyecto hasta el año 2019. Asimismo, se informó que el proyecto se encontraba paralizado. (Correo, 2016).

De acuerdo a un informe periodístico (Imprenta & Editorial Página3 SAC, 2015), la Gerencia Regional de Recursos Naturales y Medio Ambiente del Gobierno Regional de Huánuco, evalúa reactivar el laboratorio para la producción del *Bacillus thuringiensis* (Bti), que se instaló en la Universidad Nacional Hermilio Valdizán durante la ejecución del proyecto “Manejo integrado de Simúlidos en la ciudad de Huánuco y alrededores” que ejecutó el GOREHCO en la administración 2011-2014. Se advirtió que el proyecto concluyó en noviembre del año 2014 y quedó trunco porque las municipalidades de Amarilis y Santa María del Valle incumplieron con asumir el pago de los especialistas del laboratorio. Se volverían a firmar convenios con las municipalidades para que asuman sus compromisos.

El año 2014, se desarrolló la última etapa de la ejecución del Proyecto: “Manejo Integrado de Simúlidos en la ciudad de Huánuco y alrededores”, y la supervisión del Proyecto lo encabezó el Director Ejecutivo de Salud Ambiental de la DIRESA-Huánuco, quien coordinó rápidamente todas las

acciones contenidas en el proyecto, dejando aplazada la gestión para la sostenibilidad al final del PIP. (Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental DIRESA - Huánuco y Abanto, 2014).

La adición de las voluntades juntas de entidades como: Gobierno Regional Huánuco, DIRESA Huánuco, UNHEVAL, Municipalidades de Huánuco, Ambo Amarilis, Pillcomarca y Santa María del Valle, Universidad de Huánuco, Policía Nacional del Perú - División medioambiental, Dirección Regional de Educación, Instituto Superior Tecnológico Público “Aparicio Pomares”, I.E “El Amauta”, I.E “Pedro Sánchez”, y otras; realizaban el control de Simúlidos en la ciudad de Huánuco y sus alrededores. (Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental DIRESA - Huánuco & Abanto, 2014).

Asimismo, la DESA (Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental) de la DIRESA Huánuco, ha continuado con la vigilancia entomológica, de los simúlidos, y los resultados de los años 2107 al 2019 son los siguientes:

Tabla 1. Simúlidos - Vigilancia Entomológica - Año 2017

DPTO	PROV	DIST	LOCALIDAD	IPHH (%)	GENERO	ALTITUD MSNM	TEMP. °C	HUMEDAD %	MES	OBSERVACIONES
HCO	HCO	HCO	ALAMEDA	0,8	SIMULIDOS	1920	19	68	FEB	Lluvias intensas, caudal de ríos aumentados
			MALECON	1		1920	19	68		
HCO	HCO	HCO	MALECON	1	SIMULIDOS	1920	19	66	MAR	Lluvias intensas, caudal de ríos aumentados
			ALAMEDA	0,1		1920	19	66		
		AMARILIS	LA ESPERANZA	0,2		1920	19	66		
		HCO	CIRCUNVALACION	0,1		1920	19	66		
HCO	HCO	HCO	MALECON	0,1	SIMULIDOS	1920	21	64	JUN	No Lluvias, disminución notable de caudal en ríos, riberas con abundantes desechos sólidos.
			ALAMEDA	0		1920	21	64		
		AMARILIS	LA ESPERANZA	0,1		1920	21	64		
		HCO	CIRCUNVALACION	0		1920	21	64		
HCO	HCO	HCO	MALECON	0,1	SIMULIDOS	1920	20	66	JUN	No Lluvias, disminución notable de caudal en ríos, riberas con abundantes desechos sólidos.
			ALAMEDA	0		1920	20	66		
		AMARILIS	LA ESPERANZA	0,1		1920	20	66		
		HCO	CIRCUNVALACION	0		1920	20	66		
HCO	HCO	HCO	MALECON	67.49	SIMULIDOS	1920	17	66	AGOS	No Lluvias, disminución notable de caudal en ríos, riberas, con abundantes desechos sólidos.
			ALAMEDA	22.38		1920	17	66		
		AMARILIS	LA ESPERANZA	21.51		1920	17	66		
		HCO	CIRCUNVALACION	62.34		1920	17	66		
HCO	HCO	HCO	MALECON	32.87	SIMULIDOS	1920	17	66	SET	No Lluvias, disminución notable de caudal en ríos, riberas con abundantes desechos sólidos.
			ALAMEDA	18.47		1920	17	66		
		AMARILIS	LA ESPERANZA	67.49		1920	17	66		

Fuente: DIRESA – DESA, 2019

Tabla 2. Simúlidos - Vigilancia y Control - Marzo a Junio 2018

DPTO	PROV	DIST	LOCALIDAD	IPHH (%)	ESPECIE IDENTIFICADA	ALTITUD MSNM	TEMPERATURA °C	HUMEDAD %	FECHA
HCO	HCO	HCO	ALAMEDA	0,8	SIMULIDOS	1920	17	34	8 Marzo
			MALECÓN	0,6		1920	17	34	
HCO	HCO	HCO	MALECON	0,9	SIMULIDOS	1920	17	34	25 marzo
			ALAMEDA	0,5		1920	17	34	
		AMARILIS	LA ESPERANZA	0,4		1920	17	34	
		HCO	CIRCUNVALACION	0,7		1920	17	34	
HCO	HCO	HCO	MALECON	0,9	SIMULIDOS	1920	17	34	24 abril
			ALAMEDA	0,4		1920	17	34	
		AMARILIS	LA ESPERANZA	0,8		1920	17	34	
		HCO	CIRCUNVALACION	0,8		1920	17	34	
HCO	HCO	HCO	MALECON	0,8	SIMULIDOS	1920	17	34	28 abril
			ALAMEDA	0,9		1920	17	34	
		AMARILIS	LA ESPERANZA	0,9		1920	17	34	
		HCO	CIRCUNVALACION	0,4		1920	17	34	
HCO	HCO	HCO	MALECON	0,8	SIMULIDOS	1920	17	36	29 mayo
			ALAMEDA	0,9		1920	17	36	
		AMARILIS	LA ESPERANZA	0,9		1920	17	34	
		HCO	CIRCUNVALACION	0,4		1920	17	34	
HCO	HCO	HCO	MALECON	0,9	SIMULIDOS	1920	19	34	30 mayo
			ALAMEDA	0,8		1920	19	34	
		AMARILIS	LA ESPERANZA	0,7		1920	19	34	
HCO	HCO	HCO	MALECÓN	3,4	SIMULIDOS	1920	19	34	5 junio
			ALAMEDA	2,4	SIMULIDOS	1920	19	34	15 junio

Fuente: DIRESA – DESA, 2019

Tabla 3. Simúlidos - Vigilancia Entomológica - Año 2019

DPTO	PROV	DIST	LOCALIDAD	IPHH (%)	GENERO	ALTITUD MSNM	TEMP. °C	HUMEDAD %	MES	OBSERVACIONES
HCO	HCO	HCO	ALAMEDA	0,8	SIMULIDOS	1920	19	68	ENERO	Lluvias intensas, caudal de ríos aumentados
			MALECON	1		1920	19	68		
HCO	HCO	HCO	MALECON	1	SIMULIDOS	1920	19	66	FEBRERO	Lluvias intensas, caudal de ríos aumentados
			ALAMEDA	0,1		1920	19	66		
		AMARILIS	LA ESPERANZA	0,2		1920	19	66		
		HCO	CIRCUNVALACION	0,1		1920	19	66		
HCO	HCO	HCO	MALECON	0,1	SIMULIDOS	1920	21	64	MARZO	Lluvias intensas, caudal de ríos aumentados
			ALAMEDA	0		1920	21	64		
		AMARILIS	LA ESPERANZA	0,1		1920	21	64		
		HCO	CIRCUNVALACION	0		1920	21	64		
HCO	HCO	HCO	MALECON	0,1	SIMULIDOS	1920	20	66	ABRIL	Lluvias poco frecuentes, disminución de caudal de ríos
			ALAMEDA	0		1920	20	66		
		AMARILIS	LA ESPERANZA	0,1		1920	20	66		
		HCO	CIRCUNVALACION	0		1920	20	66		
HCO	HCO	HCO	MALECON	75,4	SIMULIDOS	1920	17	66	JULIO 15-07-19	No Lluvias, disminución notable de caudal en ríos, riberas con abundantes desechos sólidos.
			ALAMEDA	23,6		1920	17	66		
		AMARILIS	LA ESPERANZA	56,9		1920	17	66		
		HCO	CIRCUNVALACION	20,1		1920	17	66		
HCO	HCO	HCO	MALECON	112,6	SIMULIDOS	1920	17	66	AGOSTO 3-08-19	No Lluvias, disminución notable de caudal en ríos, riberas con abundantes desechos sólidos.
			ALAMEDA	93,6		1920	17	66		
		AMARILIS	LA ESPERANZA	108,4		1920	17	66		

Fuente: DIRESA – DESA, 2019

Los trabajos de investigación referentes a los simúlidos, en la ciudad de Huánuco, previos a este estudio fueron los siguientes:

- a)** Estudio: “Diagnóstico y control de simúlidos en la ciudad de Huánuco”, realizado el año 2004, por los investigadores Santisteban, J. y Dale, W. (2004) Tuvo como objetivos principales: estudiar la caracterización y comportamiento de los simúlidos, para proponer algunas medidas para disminuir su población.

Las principales conclusiones de este estudio fueron:

- Los simúlidos son mosquitos picadores diurnos, se concentran en enjambres, principalmente en zonas próximas a las fuentes de agua.
- Los patrones climáticos estacionales afectan zonalmente los patrones de abundancia y desarrollo de los simúlidos.
- Su erradicación es difícil de realizar.
- Existen varias estrategias de manejo para el control: control biológico, disminución de las zonas de reproducción natural, barreras físicas, uso de repelentes, uso de insecticidas (adulticidas y larvicidas).
- El control químico más efectivo apunta a la aplicación de productos en el agua.

b) Perfil Técnico del proyecto: “Manejo integrado de plaga de simúlidos en la ciudad de Huánuco y alrededores”; elaborado a través de una consultoría, financiada por el GOREHCO a través de la Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión Ambiental.

Estudio realizado en el año 2006, por los consultores: Estela, J., Iannacone, J., y Chavez, M.; con la finalidad de obtener un estudio viable a nivel de perfil que permita la intervención bajo el SNIP, con las siguientes conclusiones:

- El contenido extremo de carga orgánica en descomposición presente en el río Huallaga, es fundamental para que el volumen poblacional de los simúlidos se haya elevado a niveles de plaga.
- La alta concentración de contaminación microbiológica del río ha favorecido el incremento de vegetación de una especie de la familia *Poaceae*, la cual sirve de sustrato para los inmaduros de los simúlidos.
- Los altos niveles de coliformes fecales y totales que originan un incremento de materia orgánica en el río, han sido desfavorables para dos enemigos naturales de los simúlidos: Los peces del género *Orestias* y anfibios del género *Bufo*, los cuales disminuyeron sus

poblaciones, y por ende, actualmente tienen un nulo impacto en la regulación poblacional de los inmaduros de los simúlidos.

Se propone la alternativa de solución con las siguientes acciones:

- Estudios complementarios
 - Implementación de laboratorio
 - Control mecánico y manual
 - Control cultural
 - Control ecológico de larvas
 - Producción de Bti
 - Control químico de adultos
- c)** Estudio de pre inversión a nivel de Prefactibilidad del proyecto: “Manejo Integrado de Plaga de Simúlidos en la Ciudad de Huánuco y Alrededores”; elaborado por la Universidad Nacional Agraria La Molina – CEPID, mediante convenio con el Gobierno Regional Huánuco.

Este trabajo tuvo como finalidad mejorar el nivel de estudio recomendado por la OPI del Gobierno Regional, para lograr la viabilidad y pasar a fase de inversión.

Los resultados refuerzan la propuesta de control descrito en el perfil técnico, además de considerar las siguientes conclusiones:

- El larvicida químico Temephos presenta una buena acción control sobre las larvas de *Simulium metallicum* y *Simulium escomeli*.
- El larvicida biológico *Bacillus thuringiensis* presenta una buena acción control sobre las larvas de *Simulium metallicum* y *Simulium escomeli*.
- La inclusión del larvicida Temephos dentro del programa de manejo integrado debe ser exclusivamente para el río Huallaga en el tramo que comprende el ámbito del proyecto.
- El larvicida biológico *Bacillus thuringiensis* dentro del programa de manejo integrado debe ser usado para el río Huallaga y los afluentes Huancachupa, Higueras y Garbanzo.
- Las concentraciones de aplicación de ambos larvicidas pueden ser reducidos hasta en un 50 % y probablemente se obtendrán resultados satisfactorios.
- Deterioro del ecosistema acuático del río Huallaga y tributarios por las descargas de desagües directamente al Río Huallaga con la consiguiente contaminación orgánica CT y CF del río Huallaga; y por existencia arrojado de residuos sólidos al Río Huallaga y afluentes.

- Deterioro del ecosistema acuático del río Huallaga y afluentes por razones de minas ubicadas en la parte alta del Huallaga.
- Disminución del Caudal en época de estiaje en el Huallaga los últimos 15 años.
- Escasos tratamientos químicos y/o Biológicos que aplaquen y ayuden a disminuir la población de simúlidos.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Antecedentes históricos.

En 1997, la DESA (Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental) de la DIRESA (Dirección Regional de Salud de Huánuco), ejecutó en las orillas de los ríos Huallaga, Higuera y Huancachupa, las siguientes actividades:

- a)** Acopio de ramas, restos de platas y otros objetos para la destrucción de los huevos en las riberas los ríos Higuera y Huallaga, con la ayuda de soldados del ejército Peruano, Base Contra Subversiva 314.
- b)** Aplicación de insecticidas atomizados con equipo London Air ULV (terno nebulizador), para reducir la población de simúlidos. En esa oportunidad se coordinó el apoyo con la DRA Huánuco (Dirección Regional de Agricultura) para la dotación de motobombas; la Municipalidad Provincial de Huánuco para el apoyo con vehículos y trabajadores,

y el Ejército Peruano a través de los soldados de la BCS 314, apoyaron activamente estas acciones con mano de obra.

La Comisión de Coordinación Multisectorial del CTAR Huánuco, convocó el año 1998 a una coordinación para instituir la Subcomisión Multisectorial para la recuperación Ambiental, recayendo la presidencia en el representante de la Dirección Regional de Salud, quien tuvo a su cargo la ejecución de una labor continua para recuperar el medio ambiente. La Comisión Multisectorial estuvo integrada por las siguientes instituciones:

- CTAR Huánuco
- DIRESA Huánuco
- DRA Huánuco
- DRE Huánuco
- Municipalidad Provincial de Huánuco
- Municipalidad Distrital de Amarilis
- Universidad Nacional Hermilio Valdizán

En reunión celebrada el 11 de noviembre de 1998, cada uno de los representantes de la Subcomisión, recibió una cartilla con las tareas que le correspondían, acorde con la entidad a la que representaban. Se desconoce sobre la emisión de algún informe de los logros y/o avances realizados por esta subcomisión.

La comisión multisectorial liderada por la DIRESA, el año 2004, elaboraron estrategias y plantearon acciones con la finalidad de mantener controlada la cantidad de simúlidos en las Provincias de Huánuco y Ambo.

Seguidamente, el año 2005 se implantó un método dinámico de vigilancia entomológica y para el control de simúlidos en los lugares de prevalencia de las provincias de Ambo y Huánuco.

Posteriormente, se dispuso la pulverización el año 2006, usando un controlador químico permitido en Salud Pública. El control químico se realizó en:

- La Esperanza, Huayopampa, Los Portales, Fonavi II y Llicua (altura de Puente Calicanto).
- Huachog, Colpa Baja, Av. Circunvalación, Alameda, Parque Amarilis, Plaza de Armas, Mercado Modelo.
- Distrito Amarilis. Plaza Mayor y Avenidas.
- Distrito de Pillcomarca.

Entre los meses de julio a agosto del año 2006, se efectuaron labores de aspersion, usando el insecticida piretroide Lambda PM al 10% para matorrales en las orillas del río Huallaga, con el objetivo de reducir la cantidad de población de simúlidos. Trabajo realizado por el área de Entomología de la DIRESA (Informe N° 07-2006).

Del 3 al 7 de julio del año 2006, se efectuaron labores de rociamiento usando mochilas motorizadas Sthill; del 15 al 19 de julio se efectuó la segunda intervención; y del 7 al 12 de agosto se ejecutó la tercera intervención. Se había fijado como meta pulverizar todos los matorrales de las orillas del río Huallaga en sus dos riberas; las lluvias concurrentes obstruyeron y sólo se pudo intervenir tres veces. Se enjuagaron muchas de las hojas de los arbustos, disminuyendo la efectividad del producto.

La pulverización se llevó a cabo en casi todos los matorrales de las orillas de los ríos Huallaga e Higueras, el Puente Tingo hasta el sector Las Moras. Se utilizó aproximadamente 36 kilos de insecticidas (6 cajas) por cada ciclo de aplicación.

Por su parte, el Gobierno Regional de Huánuco priorizó la elaboración a nivel de perfil, del proyecto "Manejo y Control de simúlidos en las provincias de Huánuco y Ambo" el cual fue concertado y priorizado en los talleres que se llevaron a cabo para el presupuesto participativo 2006.

En el año 2007, la Gerencia de Recursos Naturales y Gestión Ambiental y del Gobierno Regional de Huánuco, a través de, llevó a cabo una serie de coordinaciones con diferentes instituciones públicas y privadas para afrontar problemas del medio ambiente, entre ellos el problema del

simúlido, y en efecto, en el mes de julio del 2007, se estableció la Mesa de Diálogo para el Manejo Integrado de Simúlidos.

El año 2008, se elaboró el estudio de Pre Factibilidad del PIP: “Manejo Integrado de simúlidos en la ciudad de Huánuco y alrededores”, con Código SNIP 46190, a través de la Alianza entre la UNALM y la FDA (Fundación para el Desarrollo Agrario), lográndose viabilizar el proyecto el año 2009.

El año 2011, la Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión Ambiental del GOREHCO, elaboró el Expediente Técnico del proyecto en mención, cuyo ámbito de influencia abarcó los distritos de Huánuco, Amarilis, Pillcomarca, Santa María del Valle, San Francisco de Cayrán (Provincia de Huánuco), y los distritos de Ambo, Tomaykichwa y Conchamarca (Provincia de Ambo). En ese estudio definitivo el proyecto se incrementó en su monto de inversión a S/. 1'928,897.00 nuevos soles.

El proyecto “Manejo Integrado de simúlidos en la ciudad de Huánuco y alrededores”, planteó la reducción y mantenimiento de la cantidad de población de simúlidos (larvas y adultos) en épocas de estiaje, a través de la implementación del manejo integrado de simúlidos, mediante las siguientes fases:

Tabla 4. Fases del Manejo Integrado de Simúlidos

FASES DEL MANEJO INTEGRADO DE SIMÚLIDOS
<p>1. Fase de Preparación</p> <ul style="list-style-type: none"> • Establecimiento de una línea base de las características del agua • Establecimiento de una línea base de la densidad poblacional del simúlido • Caracterización del ciclo biológico del simúlido • Definición de las consecuencias en la salud humana por la picadura del simúlido • Definición de las consecuencias en la salud animal por la picadura del simúlido • Puesta en funcionamiento del laboratorio de producción de Bti.
<p>2. Fase de Evaluación</p> <ul style="list-style-type: none"> • Evaluación del Control cultural • Evaluación del Control mecánico • Evaluación del Control físico • Evaluación del Control químico • Evaluación del Control biológico • Evaluación del Control etológico
<p>3. Fase de Ataque</p> <ul style="list-style-type: none"> • Monitoreo de la calidad del agua • Monitoreo de la población de simúlido • Control mecánico • Control físico • Control químico • Control biológico
<p>4. Fase de Vigilancia</p> <p>Una vez ejecutado el proyecto, se continuará las acciones de vigilancia de la calidad del agua, vigilancia de la población de simúlidos, control mecánico, físico, químico y biológico. Estas actividades son propias de la fase de post inversión del proyecto.</p>

Fuente: Proyecto: "Manejo Integrado de simúlidos en la ciudad de Huánuco y alrededores"

El año 2011, el Gobierno Regional de Huánuco, inició la ejecución del PIP: "Manejo Integrado de simúlidos en la ciudad de Huánuco y alrededores" por la modalidad de administración directa, ejecutada por la G.R.R.N. y G.M.A del GOREHCO.

2.2.2. Interés público.

El capítulo 6 de la Agenda 21: PROTECCION Y FOMENTO DE LA SALUD HUMANA, menciona: 6.1. *La salud y el desarrollo tienen una relación directa (...)*, en el párrafo 6.2 se reconocen las siguientes áreas de programas: b) Acciones frente a las enfermedades de transmisión; c) Amparo de las poblaciones vulnerables; d) Reducir el problema de la sanidad pública; e) Disminución de riesgos a la salud ocasionados por la polución y los riesgos medioambientales.

La Constitución Política del Perú, consagra como uno de los derechos inherentes la persona, el derecho a tener un medio ambiente adecuado y propicio para su desarrollo.

La Ley General del Ambiente, N° 28611, , en su Título Preliminar; Derechos y Principios, establece que las personas tienen derecho inevitable a habitar en un ambiente sano, equitativo y conveniente para el desarrollo de su vida a plenitud; y la obligación de aportar para una gestión adecuada del medio ambiente y de protegerlo, así como a sus elementos, preservando exclusivamente la salud de los humanos individual y colectivamente, preservar la biodiversidad, aprovechar de manera sustentable los recursos naturales y promover el desarrollo sostenible de nuestro país.

La Política Nacional Ambiental, en sus Objetivos específicos menciona: 2. “Afirmar una calidad ambiental

adecuada para la salud y el desarrollo integral de las personas, previniendo la afectación de sistemas ecológicos, rescatando ambientes degradados y fomentando una gestión integral de los riesgos ambientales, así como una producción limpia y ecoeficiente.”. Asimismo, tiene como Eje de Política 2: “Gestión Integral de la calidad ambiental”

La Política de Desarrollo del GOREHCO, en el Eje de Desarrollo: CONDICIONES DE VIDA DE LA POBLACIÓN, tiene como uno de sus Objetivos: *Mejorar el saneamiento ambiental de salud para el progreso del capital social y cultural de la región*; asimismo, en el Eje de Desarrollo: NUTRICIÓN Y CALIDAD DE VIDA, tiene como uno de sus Objetivos Estratégicos *Calidad de vida y medio ambiente saludable en la región (...)*

El interés en el control de la salud ambiental se debe también a un interés en el tema de salud pública. El ser humano ha estado alterando el hábitat donde se desarrolla, ocasionando la concentración en grandes urbes y modificando la dinámica de los seres vivos que están a su alrededor. Este amontonamiento trae consigo problemas de salud como por ejemplo: el desecho de residuos sólidos y de aguas servidas, la provisión de alimentos, y otros aspectos. Todos ellos son factores que favorecen la multiplicación y propagación de vectores y microorganismos. Bajo el enfoque

de la salud pública, son preocupantes los que además de ser patógenos, pueden contagiar a las personas directamente por los alimentos, el agua, los objetos, o de manera indirecta, por los vectores. (ANECPLA, 2018).

Además del rol protagónico de algunos mosquitos como vectores, otros tipos de dípteros, como por ejemplo, los Simúlidos, son también muy significativos para la salud pública por las alergias severas que causan sus picaduras. Por otro lado, es muy importante la influencia que tienen los mosquitos y simúlidos en el deterioro de su calidad de vida, puesto que sus costumbres picadoras, diurnas o nocturnas, y sus zonas de vida, causan significativas molestias entre la población. (ANECPLA, 2018).

Ante esto, la salud pública debe replantear su accionar hacia el nuevo contexto en el cual, el control vectorial reviste especial importancia, no solamente por el giro en el esquema de patogenias y vectores propagadores, sino además, por el requerimiento del incremento de estándares de profesionalidad y eficiencia, imperiosos para responder eficientemente a la salud humana y la protección ambiental. (ANECPLA, 2018).

2.2.3. Motivos de estudio sobre Simuliidae en el mundo.

Los estudios de este grupo de insectos en el mundo fueron movilizados principalmente por dos problemáticas. La primera

fue debido a su rol como vectores de parásitos, siendo estos protozoos, como por ejemplo, *Leucozitoozon*, un género muy infeccioso que es transferido por especies de simúlidos ornitófilos que ocasionan una alta mortandad de aves. Asimismo, simúlidos pertenecientes al género *Simulium*, con actividad antropofílica, son vectores de un parásito llamado *Onchocerca volvulus*, que ocasiona Oncocercosis; esta patología afecta esencialmente a la piel y a los ojos.

La segunda, por sus picaduras dolorosas y molestas. Por lo general, cuando las poblaciones de simúlidos llegan a poseer altas densidades influyen negativamente en las actividades turísticas y de productividad en una región. Con el fin de controlar estas densidades se han incrementado significativamente el conocimiento de este grupo (Diez, 2012).

2.2.4. Identificación de la especie predominante.

De acuerdo a los monitoreos realizados en adultos con fecha 22 al 25 de octubre del 2004, de un total de 1,595 individuos adultos recolectados con la red entomológica, solo uno corresponde a una especie no determinada de *Simulium*. Todos los otros individuos adultos obtenidos pertenecen posiblemente al grupo de especies *Simulium* (*Ectemnaspis*) *bicoloratum* Malloch, 1912. (Estela et al., 2006).

Se sabe previamente que este mosquito posiblemente pertenece al grupo de especies *Simulium* (*Ectemnaspis*)

bicoloratum, pero lo que sí se conoce son los problemas que origina en la salud de las personas de estos lugares afectados, señalan primero picazón, comezón, ronchas, alergias, eritema con prurito, y en niños fiebre, vómitos y dolor de cabeza. (SPDE, 2011).

Los simúlidos son insectos hematófagos, ciertas especies de ellos son muy conocidas por el perjuicio que causan con sus picaduras, que pueden llegar a producir alergias severas. Tienen un ciclo de vida que involucra una fase larvaria que habita en el agua corriente y una fase adulta terrestre y/o aérea. De este modo, los adultos están influenciados por factores relacionados con la alimentación, apareamiento y selección de sitios de postura, mientras que los estadios preimaginales dependen de las características físico - químicas de los cuerpos de agua en los cuales habitan. (Vitta y Estay, 2017).

2.2.5. Ritmo de actividad hematófaga horaria.

Los simúlidos adultos son activos desde el amanecer hasta el anochecer. Durante la noche los adultos se posan o descansan sobre la vegetación cercana a los cursos de agua y, dentro de la ciudad sobre paredes o techos. Debido a la dirección y régimen de viento durante la época seca, la mayor actividad hematófaga de los simúlidos estaría ocurriendo en la mañana. Sin embargo, observaciones hechas en horas de

la tarde permiten establecer la existencia de un segundo pico de actividad durante la tarde, a pesar del fuerte viento reinante. Estas observaciones permiten proponer que el ritmo de actividad de los simúlidos en esta época del año es bimodal, con un pico por la mañana y otros por la tarde. (Estela et al., 2006).

Los simúlidos regularmente se alimentan durante el día, sin embargo, algunas especies prefieren poco sol para alimentarse, puede ser al amanecer o durante el crepúsculo, así como otros dípteros hematófagos. Algunas especies presentan patrones bimodales en su actividad hematofágica, mientras que otras especies permanecen activas durante todo el día. Se cree que la energía de la luz solar incita la actividad hematofágica, pero esto probablemente no es el único factor, como actividad de alimentación que se ha observado en lugares oscuros o en días nublados. Por otra parte, el viento restringe la conducta alimentaria, la disminución de la incidencia de picaduras cuando la velocidad del viento aumenta como por ejemplo en África hasta 400 km. (Coscarón y Coscarón, 2008).

Los mosquitos escogen a quién van a picar de acuerdo al volumen de CO₂ que expelen en la respiración y no así como se cree popularmente, que es por el dulzor de la sangre. Una persona produce alrededor de un kilogramo de CO₂ por día, y

por cada exhalación (aprox. trece veces por minuto), expulsa alrededor de cien miligramos. Además de otras sustancias del cuerpo, el mosquito tiene especial afinidad por las personas que exhalan mayor cantidad de CO₂, explicó Juan Rueda, de la Asociación Española de Entomología y experto en control biológico de mosquitos. (Libertad Digital, 2011).

2.2.6. Control de simúlidos.

En el tema de la salud colectiva, es posible plantear y proyectar un MIP (Manejo Integrado de Plagas) de la ciudad, utilizando los conocimientos apropiadamente. El Manejo Integrado de Plagas en el medio acuático, complementado con el dinamismo de la población del simúlido, se vale de todos los sistemas y procesos relacionados entre sí con la finalidad de conservar la cantidad de simúlidos en niveles tolerables. (UNALM-CEPID, 2008).

El sistema del Manejo Integrado de Plagas se basa en utilizar una mezcla de tácticas de control considerando los fundamentos biológicos como el ciclo de vida de la especie plaga. Las tácticas de control mayormente empleadas dentro del MIP son: el control cultural (manejo de residuos sólidos y líquidos); el control físico (uso de barreras naturales); el control mecánico (destrucción de los estados inmaduros y modificación del hábitat); el control biológico (uso de larvicidas biológicos); el control químico (uso de larvicidas y adulticidas

sintéticos); el control etológico (captura de adultos con cebos) y el control legal (normas y directivas para proteger el medio ambiente acuático). (UNALM, 2008).

Se pueden emplear trampas para la captura de adultos. Es posible diseñar trampas de costo reducido y alta eficacia con fines de control de la población residente, así como con fines de monitoreo para establecer las zonas dentro del área urbana de mayor densidad poblacional. (Estela et al., 2006).

2.2.7. Método etológico para el control de simúlidos.

Hay técnicas para controlar las plagas fundamentadas en la afinidad, por ejemplo, las trampas cromáticas para determinadas especies. Estos métodos se sustentan en la atracción cromotrópica que causan algunos colores sobre ciertas especies de insectos. Esta variedad de trampas ya se consideran instrumentos para la vigilancia de algunas plagas como: amarillas para áfidos (pulgones) y aleuródidos (moscas blancas) o azules para algunos trips (Shen y Ren, 2003).

Si se instalan placas adhesivas en cantidades suficientes en un solo lugar, éstos sirven también para capturar masivamente a los insectos. Así, en muchos viveros hortícolas, se usan trampas adherentes amarillas para atrapar en masa las moscas blancas y minadoras de hojas adultas. Varios autores han indicado la eficiencia de utilizar trampas amarillas adherentes para el control de las poblaciones de

moscas blancas. Para el caso de esta plaga, su eficiencia va a depender de la fenología de la especie a cultivar, de la elevación donde se ubican, etc. Del mismo modo, las trampas se utilizan también para saber si es que existen y en qué cantidades se encuentran los parasitoides y depredadores de moscas blancas (Udayagiri et al., 1997).

Instalando trampas amarillas adherentes en campos de cultivo, se atrapan los parasitoides de *B. tabaci*, de los géneros *Encarsia* y *Eretmocerus* (Simmons & Jackson, 2000). Si bien es conocida desde hace más de 50 años, la afinidad por el color amarillo del *Trialeurodes vaporariorum* Westwood (Hemiptera; Aleyrodidae) y *Bemisia spp.*, recientemente, en los años noventa fue cuando se usaron trampas pegajosas comerciales para proteger las plantas en viveros con especies vegetales comerciales, resultando más rentables y seguras para el medio ambiente en comparación con las aplicaciones de insecticidas químicos (Premalatha y Rajangam, 2011).

El control etológico no ha sido usado para controlar los simúlidos. Varios trabajos han estudiado la eficiencia de las trampas adhesivas cromáticas para calcular cantidades poblacionales de dípteros, teniendo con resultados varios. Las diferencias encontradas pueden atribuirse al color de la trampa, los colores más utilizados para las trampas son: el amarillo y el azul. En la práctica, los simúlidos parecen

sentirse atraídos por los colores más oscuros, hecho demostrado por la aglomeración de gran cantidad de ellos en torno a prendas de vestir color negro. (Elaboración Propia).

2.2.8. Atrayentes físicos.

Dentro de los atrayentes físicos podemos considerar la luz y el color. Las trampas pueden ser placas adherentes o recipientes con agua coloreada. El amarillo fuerte sirve para cautivar moscas blancas, moscas minadoras y pulgones, y el blanco y el azul encantan a varias especies de trips. (Duran y Pardos, 2009).

2.2.9. Trampas pegajosas de colores.

La longitud de onda del espectro visible que irradia un objeto es uno de los elementos que interviene activamente en la percepción de los insectos hacia los patrones visuales en la naturaleza, o en la forma como éstos son cautivados por sus plantas hospederas. De esta manera, la cantidad de trips atrapados es directamente proporcional al tamaño relativo de longitud de onda que se refleja en la parte exterior de la trampa, en los niveles de 350 nm (UV), 440 nm (azul) y 550 nm (amarilla) (Castresana, 2016).

Muchos insectos sienten atracción por diversos colores, la elección del color obedece a la onda de luz que se relaciona con los ojos del insecto (Fernández y Croise, 1990).

La mosca minadora (*Liriomyza huidobrensis*), cigarritas (Homiptera: Cicadellidae) y mosca blanca (familia Aleyrodidae), sienten atracción por las trampas amarillas, Los trips (tisanópteros), por las trampas azules y los escarabajos de la corteza (Coleoptera: Scolytidae) por las trampas rojas (González et al., 1999).

Las trampas son trozos de plástico u otro material, bañados con un producto adherente. Se puede utilizar bolsas de plástico, que son baratas y fáciles de armar. En el campo se colocan trampas estables, con marcos y/o estacas, y trampas móviles (mantadas) que se pasan sobre el cultivo (Darrigan et al., 2007).

Los adultos son aparentemente más activos alrededor de personas con vestimenta de color oscuro, en comparación con aquellas con vestimenta de color claro. Se pueden emplear trampas para la captura de adultos. Es posible diseñar trampas de costo reducido y alta eficacia con fines de control de la población residente, así como con fines de monitoreo para establecer las zonas dentro del área urbana de mayor densidad poblacional. (Estela et al., 2006).

Se pueden emplear trampas para la captura de adultos. Es posible diseñar trampas de costo reducido y alta eficacia con fines de control de la población residente, así como con fines

de monitoreo para establecer las zonas dentro del área urbana de mayor densidad poblacional. (Estela et al., 2006).

2.2.10. Trampeo masivo.

Es una práctica cuya utilización se basa en usar un gran conjunto de trampas por hectárea que ayuda a reducir la cantidad poblacional de una plaga basada en la seducción y muerte de una gran cantidad de organismos de esta plaga. No obstante, el uso de esta práctica tiene ciertas desventajas, por ejemplo: (a) alto costo por la demanda de gran cantidad de trampas con diseño eficiente, (b) riesgo de rebosamiento de insectos en las trampas en situaciones de poblaciones muy densas; y (c) atrapar únicamente los machos de las especies (si se utiliza atrayentes sexuales). (Castresana, 2016).

2.3. Definiciones Conceptuales

2.3.1. Dípteros.

Abarcan una orden de insectos muy complicada, cuantiosa y extensamente presentes en el orbe. Son importantes en la cadena trófica y tienen alta influencia en salubridad individual y colectiva, ya que algunos actúan como vectores biológicos de agentes que causan enfermedades que afectan al hombre. (Rojas, 2018).

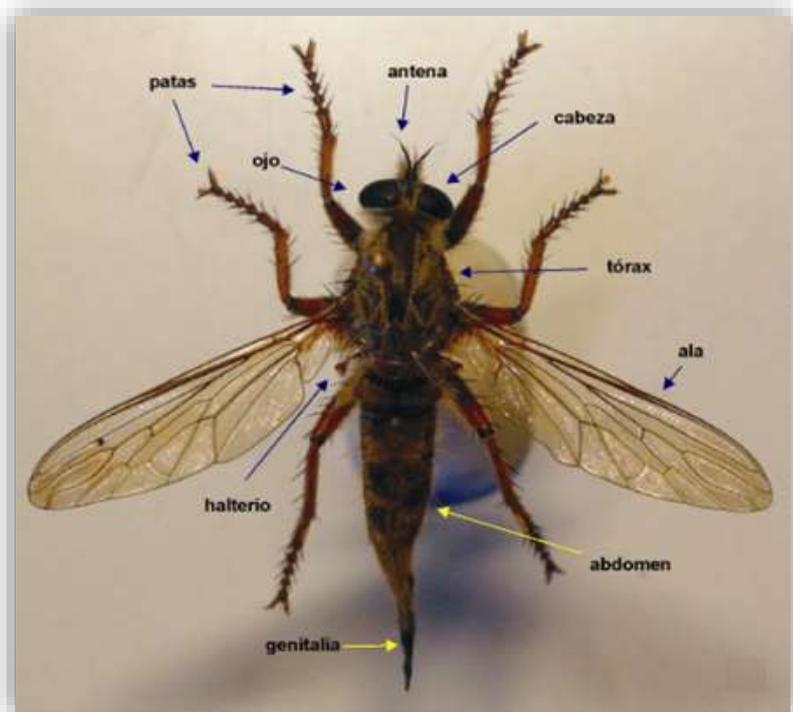
Las moscas, mosquitos, moscardones, cínifes, jejenes, tábanos, típulas, y otros, son insectos que vuelan y no se llevan bien con el humano, puede ser porque le pica, le

molesta, le incordia, etc. o también porque se les relaciona con la propagación de enfermedades. No obstante, no todos son benéficos ni todos son perjudiciales. Lo que sí es cierto es que todos están dentro de un solo conjunto de insectos: LOS DÍPTEROS. (Carles-Tolrá, 1997).

¿Qué es un díptero? Los dípteros son conocidos vulgarmente como “moscas” y “mosquitos”. Las “moscas” serían las de cuerpo rechoncho, patas robustas y vuelo rápido y ágil, mientras que los “mosquitos” serían aquellos de cuerpo delgado, esbelto, patas largas y vuelo lento y torpe. En consecuencia, se deduce que los dípteros de cuerpo esbelto, o sea mosquitos, pican y transmiten o pueden transmitir enfermedades. (Carles-Tolrá, 1997).

Los dípteros, que involucran a las “moscas” y “mosquitos”, se identifican, entre los de la clase insecta, porque tienen un par de alas, por eso la denominación (di=dos, ptera=ala). No obstante, esta peculiaridad no es privilegio solo de los dípteros, porque hay otros tipos de insectos, aunque pocos, que tienen también dos alas (ejemplo: varias efímeras y algunos homópteros). También, se puede decir que existen dípteros que son ápteros, o sea, sin alas. Si bien, este rasgo no es exclusivo en algunas especies, por lo tanto, ¿qué es lo que identifica a los dípteros? La clave está en la metamorfosis de las alas traseras (metatorácicas) en unos organelos

denominados balancines o halterios, que no son útiles para volar, pero sí para conservar estable al insecto durante el vuelo (equivalente a la cola de un cometa o al hélice posterior de un helicóptero). Los halterios, no obstante, tampoco se presentan definitivamente en cada díptero, porque la familia *Braulidae*, (que tiene 8 especies en el mundo) los perdió a causa de su vida como parásito. (Carles-Tolrá, 2015).



Fuente: Carles-Tolrá, 2015

Figura 1. Parte externa de un Díptero

2.3.2. Distribución de los dípteros.

Los dípteros se encuentran en casi todas partes del mundo; los hay en todos los hábitats terrestres y de agua dulce que se puedan imaginar, así como en cada continente. Latitudinalmente, se puede hallar dípteros desde las costas de la Antártida hasta el norte de Groenlandia, donde son los

únicos insectos de vida libre. Altitudinalmente, los hay desde las mareas bajas hasta las nieves a 6.200 m en el monte Everest. El único hábitat donde no han podido establecerse es el marino, pero sí se les ha encontrado en todo tipo de costas (arenosas, rocosas, acantilados, etc.), así como en aguas salobres y salinas. Asimismo, muchas especies (como el *Dolichopodidae*) se desarrollan en las algas costeras, adheridas en las rocas. (Carles-Tolrá, 2015).

2.3.3. Los simúlidos.

Los Simúlidos son una familia de la clase Insecta, pertenecientes al orden Díptera, el Suborden Nematóceras y la Superfamilia Culicoidea. (Diez, 2012).

Estos insectos son componentes comunes de los ambientes lóticos o ribereños. Son un grupo eurioico, por lo tanto, se les puede descubrir habitando en los medios más diversos, referentes a variables físicas ambientales, por ejemplo, en aguas de 0 °C hasta 20°C, desde casi un altura de 5000 m. hasta casi a ras del mar. Siempre fueron registrados en espacios dulceacuícolas pero toleran concentraciones de salinidad relativamente alto. Además, los simúlidos pueden adaptarse a diferentes nichos ecológicos que tengan desde aguas turbias hasta aguas prácticamente cristalinas, con sobre saturación de oxígeno o este ser prácticamente nulo, con un alto grado tenor de contaminación

orgánica o estar libre de ella, aunque esto es realmente característico de cada especie, ya que autores como Currie y Adler (2008) y Cupp (1981), consideran que son indicadores biológicos de calidad de agua, debido a la susceptibilidad de los estadios inmaduros de Simúlidos, ante la eutrofización de aguas. Dentro de la familia Simuliidae se agrupa a los Nematoceros conocidos como mosca negra, mosca prieta, jején, rodador, mosca alazán, etc., que tienen una distribución mundial. (Ibáñez-Bernal y Coscarón, 1996).

El catálogo de Crosskey y Howard (2004), contiene un total de 1809 especies. Se incluyen también las sinonimias respectivas para cada taxón.

Según Villacide y Masciocchi (2014), Los simúlidos (Simuliidae), llamados ordinariamente como “jejenes”, “moscas negras”, “petros” o “paquitas”, son una familia de insectos clasificadas con más de 2000 especies, que pertenecen al orden Díptera. Pese a su gran variedad, solo un 10% de estas especies revisten importancia en salud pública.

Las hembras son hematófagas de vertebrados y su picadura tiene consecuencias directas o indirectas en la salud de sus huéspedes. Sus picaduras pueden causar hasta toxemias generalizadas, además de transmitir virus, protozoarios y helmintos a sus huéspedes. Debido a la importancia que tuvo en México, la oncocercosis humana, el

grupo fue ampliamente estudiado en México entre los años 1930 y 1960, con otras contribuciones desde el año de 1990 a la fecha (Ibáñez-Bernal y Coscarón, 1996).



Fuente: Ruiz, 2012

Figura 2. Simúlido hembra posado sobre la piel

2.3.4. Clasificación Taxonómica de los simúlidos.

Reino	: Animalia
Phyllum	: Arthropoda
Sub Phyllum	: Hexapoda
Clase	: Insecta
Subclase	: Pterigota
Infraclase	: Neoptera
Superorden	: Endopterygota
Orden	: Diptera
Sub Orden	: Nematocera
Infraorden	: Culicomorpha
Superfamilia	: Simulioidea
Familia	: Simuliidae

Subfamilia : Simuliinae

Género : *Simulium* sp.

Fuente: Toro, 2009

2.3.5. Morfología de los simúlidos.

Se distinguen sencillamente de otros dípteros por mostrar en estado adulto el cuerpo robusto, con patas cortas y gruesas, antenas multiarticuladas de tipo moniliforme que dificultosamente superan el ancho antero-posterior de la cabeza, el tórax vigorosamente convexo dorsalmente y el ala ancha con un desarrollo del lóbulo anal formidable y con las venas anteriores (costal y radial) gruesas y esclerotizadas y las traseras delgadas y débiles a manera de pliegues; adicionalmente el ala muestra un pliegue longitudinal cerca de su parte media entre las venas radial y cubital que se separa distalmente. (Ibáñez-Bernal y Coscarón, 1996).

Las características externas de los simúlidos son:

- De colores oscuros en general (moscas negras)
- Tamaño entre 1,5 y 5,5 mm.
- Patas cortas
- Escudo muy desarrollado (aspecto giboso)
- Alas grandes
- Antenas cortas de 8 artejos
- Aparato bucal de tipo cortador chupador (Ruiz (2012)).

Ojos de los simúlidos

Los hembras de los simúlidos presentan ojos dicópticos (aquellos ojos que no se llegan a tocar en ningún lugar por sobre la cabeza. Al espacio que queda entre ellos se le llama “frente”) y con un solo tipo de facetas (microfacetatas). Los machos son holópticos (aquellos que están unidos sobre la cabeza por al menos, un punto), con macrofacetatas (zona superior) y microfacetatas en zona inferior. (Taxonomía simúlidos, Proyecto Simúlidos, 2018).

Respuesta a los estímulos visuales

Los animales se manifiestan a algunas señales que provienen del ambiente para conseguir sus recursos subsistir. Para entender la reacción de un organismo ante un estímulo luminoso procedentes del exterior, es imprescindible estudiar sus aspectos anatómicos, fisiológicos y comportamentales. (Galindo, 2013).

Döring y Chittka (2007) plantearon una correlación entre la reacción fisiológica y la comportamental, al proponer que al conocer en un animal la sensibilidad del espectro de sus receptores sensibles a la luz, hay la posibilidad de pronosticar la magnitud de la señal que estos receptores remitirán al cerebro al advertir una fuente específica. No obstante, existen situaciones en las que no se puede pronosticar las reacciones en el comportamiento de los animales frente a provocaciones,

solo desde la fisiología del fotorreceptor. Por ejemplo, los tábanos muestran electrofisiológicamente tener sensibilidad espectral al azul (480 nm y 515 nm), pero en su comportamiento, además del azul, se sienten atraídos fuertemente por objetos rojos y negros (Galindo, 2013).

Se han realizado pesquisas que evalúan el comportamiento a diferentes estímulos de colores en dípteros, himenópteros lepidópteros, hemípteros, etc., para entender los alcances en el progreso y el perfeccionamiento de las tácticas de evaluación y monitoreo de plagas. Asimismo, para percibir la ecología del sentido de los organismos, ejemplo: conocer si se sienten cautivados por el color en flores u hojas, o si hay otra estimulación para la atracción hacia las cosas. (Galindo, 2013).



Fuente: Ruiz, 2012

Figura 3. Vista externa de un simúlido adulto

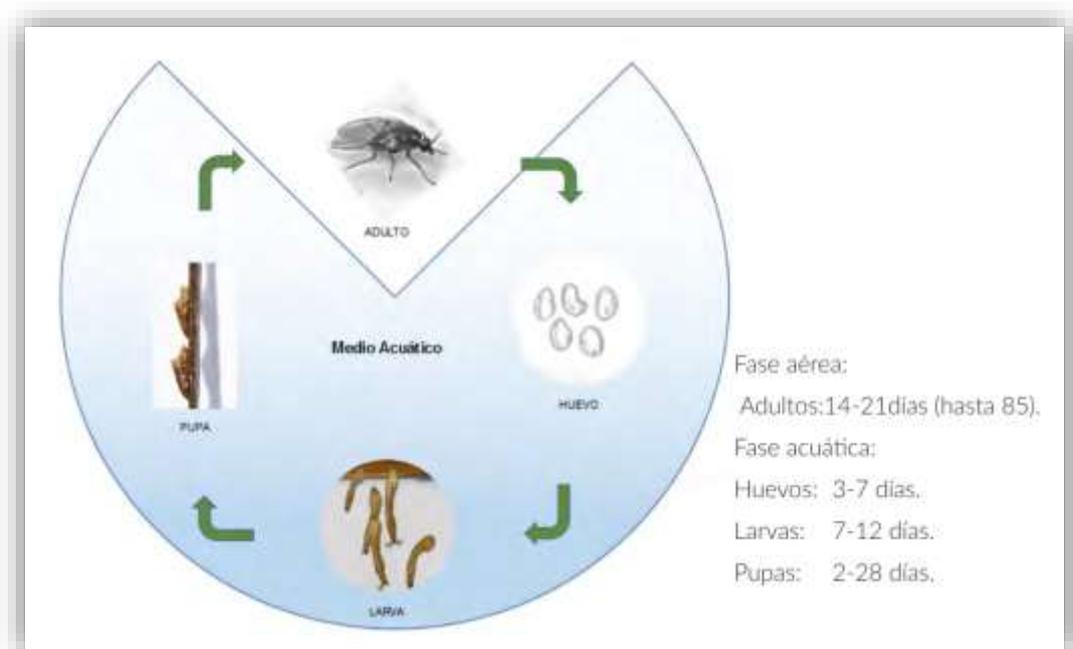
2.3.6. Biología

Los simúlidos se congregan en grandes enjambres, en la cercanía de arroyos con corrientes rápidas que suministren aguas con mucho oxígeno para un buen desarrollo larval. Las larvas casi siempre se encuentran en aguas corrientes, siendo los torrentes son poco profundas en las montañas los sitios preferidos para su reproducción. Algunas especies, incluyendo algunas plagas notables se reproducen en ríos más grandes; otras viven en arroyos temporales o semipermanentes. Las larvas se adhieren a las rocas u otros objetos sólidos en el arroyo, en ocasiones pueden prenderse a la vegetación acuática. Los lados y las estructuras de concreto para caída en los canales de irrigación, las presas de concreto y otras construcciones parecidas pueden servir como sitios para que se fijen grandes cantidades de larvas. (Estela et al., 2006).

Los simúlidos viven en un ambiente acuático en sus estadíos de huevo, larva y pupa; y terrestre en su estadio adulto (Figura 4). En el hábitat hídrico se consideran seres beneficiosos en la cadena trófica, pero en el hábitat terrestre alcanzan notoriedad por la huella que causan en los humanos y los animales. Igual que una gran cantidad de dípteros, los simúlidos tienen destacada importancia en el tema epidemiológico. Sus picaduras causan disgustos,

ocasionando afecciones como irritación y edemas. Su distribución es global y se pueden encontrar casi en todas partes de la tierra.

De manera habitual, los simúlidos están presentes en todo lugar en el orbe, en un lugar que exista agua corriente con permanencia necesaria para dotarle de las provisiones biológicas para desarrollar sus estadíos iniciales. (Vitta y Estay, 2017).



Fuente: Laboratorio de Entomología, INIA La Platina, Chile, 2014

Figura 4. Ciclo biológico de los simúlidos

El *S. bicoloratum* se congrega en grandes enjambres, en la cercanía de riachuelos con rápidas corrientes que suministren aguas con mucho oxígeno para un buen desarrollo larval, el néctar de las flores suministra carbohidratos a los adultos para obtener energía durante el vuelo. En contra de esto, las

larvas no son muy selectivas en su alimentación, ya que comen bacterias, algas, protozoarios, crustáceos pequeños, partes de plantas o animales, materia orgánica en desintegración e incluso, algunos se nutren de lodo. Es por este motivo, que el ecosistema degradado ha disminuido el volumen poblacional de otras especies, pero no del *S. bicoloratum*, cuyas larvas se siguen alimentando de la materia orgánica en descomposición proveniente de las aguas servidas arrojadas. (Harwood y James, 1987).

Los adultos pueden volar de 12 a 18 Km. desde donde terminaron su ciclo de vida acuático, pero las migraciones en enjambres impulsados por el viento pueden alejarse mucho más. Las hembras necesitan generalmente sangre para el desarrollo ovárico. Como en otros Nematocera, los machos nunca chupan sangre. La mayoría de las hembras son hematófagas, con frecuencia perniciosas, pero las partes bucales son tan débiles en algunas especies que no pueden penetrar la piel de los vertebrados. De las hematófagas, como las que se tienen en Huánuco, solo algunas atacan al hombre. Sin embargo se han reportado numerosas aves y mamíferos como huéspedes. (Estela et al., 2006).

Los machos forman enjambres que revolotean y la cópula puede ocurrir cuando las hembras vuelan hacia o cerca de estos enjambres. (Estela et al., 2006).

2.3.7. Ciclo de Vida.

Se desenvuelve en una metamorfosis completa, con los estadios de huevo, larva, pupa y adulto. Las hembras oviponen en cuerpos de agua con corriente, sobre piedras y plantas en contacto con el agua. Al eclosionar, nacen las larvas que se adhieren en las plantas sumergidas o en el sustrato. Con la aparición de la pupa, se ubica en los lugares más protegidos entre las plantas, hasta que surja el adulto. En este tiempo, el simúlido transita del ambiente acuoso al ambiente aéreo, siendo imprescindible que las hembras se alimenten de sangre para que maduren sus huevos y poder depositarlos en los cursos de agua. (Vitta y Estay, 2017).

El ciclo biológico varía en su duración, dependiendo del alimento con que dispone la larva y de la temperatura, que está relacionada con la época del año y la ubicación geográfica del foco de cría. El monitoreo entomológico debe ser, indudablemente, una acción a mejorar, fortificar y propagar entre la sociedad, para implantar métodos para la detección anticipada (Bueno, et al., 2009).

Huevos.

La hembra deja caer los huevecillos sobre el agua (de 200 a 500 huevos por hembra) en pleno vuelo, los cuales se precipitan y se extienden en el fondo del cauce del río y en las orillas hasta su eclosión, luego, en el siguiente estadio, las

larvas, usando una ventosa e hilos sedosos, se adhieren a las rocas u otros objetos sumergidos que constituirá su soporte y sitio de descanso (Harwood y James, 1987).

Los huevos son pequeños (0,1-0,4 mm), de cobertura lisa y con una forma que parece un triángulo con los vértices chatos (Gállego, 2007).

El color de los huevos es claro, se va oscureciendo a chocolate marrón a medida que se va desarrollando. Los huevos de cáscara delgada, transparente, lisa, y sin aparatos discernibles (Vitta y Estay, 2017).

Son situados en concentraciones encima de los substratos sobre el agua, abajo del sustrato o totalmente sumergidos en el agua. Para disminuir el riesgo a ser llevados por la corriente de agua, los huevecillos poseen una cubierta empalagosa y viscosa que les facilita la adhesión a cualquier sustrato (Llop et al., 2001).

La puesta de huevos se efectúa en lugares acuosos o cercanos a aguas corrientes; los huevos se encuentran habitualmente en grandes masas, porque las hembras se juntan para oviponer en el mismo lugar (Salomón, 2008).

La merma de la consistencia de los huevecillos a la deshidratación, es la prueba de que la modalidad de puesta de huevos (posiblemente el más conocido) es el de disponer

los huevos sobre el agua que irán al fondo del cauce para evitar la corriente (Llop et al., 2001).

Los huevos de las especies que tienen más de dos generaciones durante el mismo año, son llamadas multivoltinas y logran eclosionar entre 3 a 7 días en aguas frías. Los huevecillos de las univoltinas que se depositan a fines del estío, logran eclosionar en la floración del siguiente año (Llop et al., 2001).

Los simúlidos que han sido identificados en la ciudad de Huánuco, son especies que tienen varias concepciones en el mismo año (multivoltinas), y el tiempo necesario para la eclosión de los huevos es habitualmente de 3 a 7 días, a excepción de huevos puestos al finalizar el mes de noviembre, los cuales no eclosionarán sino hasta el próximo mes de junio. (Estela et al., 2006).



Fuente: ANECPLA, 2018

Figura 5. Huevos de simúlidos

Larvas.

Al eclosionar el huevo, brota la larva, que se asientan en las rocas y/o plantas inmersas en el agua (macrófitas), buscando los lugares de agua corriente, limpia y con mucho oxígeno. Se adhieren a través de una ventosa ubicada en la parte superior del vientre. (ANECPLA, 2018).

El desarrollo de la larva involucra varios estados (de 6 a 9) y el tiempo de éstos obedece a las condiciones climatológicas y del ambiente hídrico, esencialmente el calor del medio acuático. La larva tiene forma cilíndrica y alargada, más grueso en la parte final del vientre. Su tamaño varía de 3 a 15 mm, dependiendo de las situaciones de su medio. Puede ser un poco gris, marrón amarillento o negro, algunos exhiben manchas rojizas, anaranjadas, verdes o violáceas, de formas no regulares. Son prognatos y tienen abanicos labrales que se usan para destilar partes minúsculas de alimento del lugar. Tiene antenas delgadas y trisegmentadas (ANECPLA, 2018).

La larva se adhiere a través de una ventosa posterior e hilos sedosos a un cuerpo inmerso en el agua, y será su sustentáculo y lugar de descanso. La larva y la pupa, tienen filamentos branquiales que normalmente están sumergidas total o parcialmente en el agua. La larva no es muy exigente o selectiva para alimentarse, se alimenta de protozoarios, bacterias, algas, pequeños crustáceos, restos de plantas o

animales y materia orgánica en putrefacción. Otras se nutren de lodo y algunas llegan hasta el canibalismo. La larva demanda de 7 a 12 días bajo entornos propicios; sin embargo, este período puede ampliarse hasta semanas o meses, obedeciendo a la temperatura hídrica, disponibilidad de alimento y de las especies involucradas. Algunas especies hibernan como larvas. Hay seis o siete estadios larvales. (Estela et al., 2006)

La larva aumenta su tamaño cada vez que realiza una muda. Entre especies, y dentro de una especie, hay diferencias considerables en el tamaño, y dentro de una misma especie, dependiendo de la nutrición. Las larvas más grandes pueden llegar a medir aproximadamente 10 a 12 mm (raramente pasan los 15 mm) en las especies, muy grandes, y en las especies que habitan zonas tropicales, que son las más pequeñas, solo llegan 3,4 a 4,0 mm en estado maduro o prepupa (Llop et al., 2001).



Fuente: Laboratorio de Entomología, INIA La Platina, 2014

Figura 6. Larva de *Simulium* sp.

Pupa.

Este estadio ocurre en el mismo lugar donde transcurre el período larval. La prepupa o larva madura deja de nutrirse, se adhiere al substrato y empieza a hilar la cubierta, mediante secreciones de sus glándulas. La larva de varias especies suelen emigrar hacia aguas lentas para pupar; sin embargo, otras prefieren pupar en aguas rápidas. (Llop et al., 2001).

Para efectuar la pupación, las larvas se ubican en la hendidura del capullo; una vez acabado, y a través de contorsiones y movimientos se desglosa de la membrana de la larva a la vez que saca los filamentos para respirar que caracterizan a la pupa, que tiene color amarillo y posteriormente se oscurece. En esta etapa no se nutre, pero sí respira intensivamente (Llop et al., 2001).



Fuente: Laboratorio de Entomología, INIA La Platina, 2014

Figura 7. Pupa de *Simulium* sp. dentro de capullo

El periodo pupal es solo 2 a 6 días o de 3 a 4 semanas. Las temperaturas frías prorrogan el tiempo para que emerjan los adultos. En aprox. un minuto, el adulto se encuentra totalmente desarrollado, surge destrozando la cobertura que tiene una rendija en forma de T y emerge velozmente hacia la superficie en una ampolla de aire. (Estela et al., 2006).

Adultos

Al final del desarrollo de la pupa, surge el adulto, atravesando del hábitat hídrico al entorno aéreo. El adulto adopta la forma de una pequeña mosca (3-5 mm) de apariencia acorazada y color oscurecido, por eso es llamado "mosca negra". Las particularidades de esta especie y de su medio, posibilitan lograr hasta más de cinco descendencias en un mismo año, alcanzando una densidad poblacional excesiva. (ANECPLA, 2018).

Al emerger el adulto, el macho conforma un enjambre en el cual acontece la cópula; posteriormente la hembra estará expedita para alimentarse de sangre de un huésped que puede ser humano o animal. Las hembras de casi todas las especies demandan sangre para lograr la madurez de sus huevos, pero los dos sexos logran nutrirse de néctar de flores y otras sustancias melosas. Los especímenes de esta familia son con frecuencia llamados "rodadores" por su conducta de

dejarse caer rodando después de chupar sangre (Llop et al., 2001).

El adulto tiene la capacidad de sobrevivir en el ecosistema por espacios muy extensos (más de 30 días), sin embargo, se cree que generalmente vive aprox. 3 semanas, dependiendo de los componentes medioambientales (Llop et al., 2001).

Los adultos habitualmente permanecen cerca de los arroyos, donde se reproducen, o en microclimas húmedos, como árboles. Los simúlidos pueden esparcirse por sí mismos hasta 15 km, o incluso se apartan hasta 40 km. de sus sitios de reproducción con la ayuda del viento (Llop et al., 2001).

El ciclo vital, desde huevecillo a adulto, dura de 60 días a 15 semanas; hay de una a cinco generaciones por año dependiendo de la especie y condiciones climáticas. (Estela et al., 2006).

La longevidad de la hembra adulta es aparentemente corta, generalmente de 14 a 21 días, aunque según Dalmat (1955), el *Simulium metallicum* puede vivir hasta 85 días.

2.3.8. Enemigos naturales

Los simúlidos tienen numerosos parásitos y depredadores, que pueden actuar en ocasiones como importantes controles naturales de las poblaciones de simúlidos. Dinulescu (1966), menciona como enemigos naturales, parásitos y depredadores (hongos, tripanosomas, infusorios,

esporozoarios, espiroquetas, nematodos = Mermithidae, hidras, planarias, crustáceos = Ribulugamarus, muchos insectos acuáticos, arañas, coleópteros, moscas, muscoides = Coenosiinae, peces y aves = Cinclus), haciéndose un comentario de su relativa importancia en su uso como controladores biológicos.

2.3.9. Enfermedades

La patogenia más frecuente que provocan los simúlidos es la oncocercosis, llamado también “ceguera de los ríos”, “Filariasis cegante” o “Enfermedad de Robles” (Guatemala) o “Sowda” (Yemen) siendo el patógeno el nemátodo filarial, *Onchocerca volvulus* y los vectores los simúlidos del género *Simulium*, principalmente los complejos *S. damnosum* y *S. neavey* en Africa. *S. ochraceum*, *S. metallicum* y otros en América. (Estela et al., 2006).

Los simúlidos son picadores diurnos. Los seres humanos pueden sufrir ataques nocivos. Aparte de las reacciones locales, que involucran heridas, con eritema y prurito, puede haber condiciones generales que varían en intensidad, obedeciendo a la sensibilidad del organismo y del número de picadas. Es posible mostrarse un cuadro clínico llamado “fiebre por simúlidos” el cual involucra náuseas cefalea, adenitis y fiebre, así como dermatitis general y asma alérgica. En varias personas, los brazos, la cara, y otras partes, que

quedan exhibidas pueden estar muy edematizadas como consecuencia de las picaduras; en otros, los efectos aparte de la pérdida de sangre, apenas son notables. (Estela et al., 2006).

2.3.10. Índices Entomológicos

El Manual de Campo para la Vigilancia Entomológica de la DIGESA (Dirección General de Salud Ambiental) del MINSA, sugiere los consiguientes índices entomológicos que se pueden usar para registrar la presencia y abundancia de insectos molestos y vectores:

- Índice de Infestación Adultos (IIAA)
- Índice de Picadura Hombre Día (IPHD)
- Índice de Picadura Hombre Noche (IPHN)
- Índice de Picadura Hombre Hora (IPHH)
- Índice de Infestación Domiciliaria (IA)
- Índice de Larvitrapas (ILt)

(Dirección General de Salud Ambiental, MINSA, 2002).

La Dirección Regional de Salud de Huánuco, utiliza además el indicador “Índice de Larvas” que consiste en el uso de una trampa de madera de 1 x 1 m², recolectando todas las piedras y objetos que se localizan dentro de esa área, para luego colocarlo dentro de un depósito de plástico y realizar el conteo de larvas, pupas y huevos pegados a éstos. (Dirección Regional de Salud Huánuco, Villarreyes et al., 2019).

Índice de Picadura Hombre – Hora (IPHH)

Es un indicador que se obtiene mediante la captura de simúlidos adultos, y radica en exponer los miembros de un individuo a las picadas de los mosquitos en horas de gran acción hematófaga, como la alborada y el crepúsculo, Esta clase de muestreo se usa con fines de estudios y rigurosamente cuando no haya transmisión del virus.

Esta actividad permite estimar la incidencia de picaduras de simúlidos sobre una persona con el brazo descubierto en un período de 12 horas.

El método consiste en el trabajo de 2 técnicos, uno de ellos debe tener el brazo descubierto, mientras que el otro realiza las capturas de los simúlidos que se posan sobre el brazo para alimentarse, haciendo uso de una capturadora de vidrio. La captura para establecer el IPHH se hace usando el brazo descubierto como cebo, desde las 06:00 hasta las 18:00 horas. (Gobierno Regional Huánuco, 2017).

Criterios de riesgo entomológico

El peligro entomológico existe en la medida de la posibilidad de producir un daño o transmitir una enfermedad al hombre, este riesgo obedece al nivel de las poblaciones de artrópodos antropofílicos, y se incrementa cuando acrecientan sus poblaciones. El monitoreo de los Indicadores Entomológicos permite detectar los cambios de acuerdo a la

estación que suceden en las poblaciones de artrópodos y su mayor contacto con el hombre. Esto acontece cuando hay condiciones propicias para el proceso de sus fases inmaduras.

Los criterios de riesgo entomológico para la abundancia de mosquitos son:

- a) $IPHH < 8$ → Densidad Baja
- b) $IPHH = 8$ a 40 → Densidad Media
- c) $IPHH > 40$ → Densidad Alta

(Dirección General de Salud Ambiental, MINSA, 2002).

2.3.11. Concepto de manejo integrado de plagas (MIP)

El MIP se fundamenta en la utilización razonable de productos químicos contra los insectos, de variadas técnicas, primordialmente, biotecnológicas, biológicas, culturales y de mejoramiento genético, de tal manera que el uso de insecticidas se circunscriba a lo rigurosamente imperioso. Según Kogan (1998), el MIP es un apoyo a las decisiones de un sistema de selección y de uso de tácticas de control de plagas, por separado o coordinados dentro de una táctica de gestión, basado en la evaluación costo/beneficio que debe considerar los intereses de los productores y los impactos en la sociedad y el ambiente.

El Manejo Integrado de Plagas es una técnica de control de plagas con orientación ecológica y pluridisciplinario, que

muestra dos horizontes de integración: (a) “integración vertical” que se refiere a varias técnicas compatibles para controlar una plaga específica y (b) “integración horizontal” que involucra acciones relacionadas para la conducción simultánea de todos los factores que afectan la siembra. Por consiguiente, si nos referimos a horticultura sustentable bajo este concepto, debemos considerar el MIP como un modelo adecuado, que debiera implementarse considerando una perspectiva social, geográfica y ecológica, para impedir el menoscabo del sistema agroecológico y disminuir la expansión de las especies dañinas a otros lugares geográficos. Lograr estos objetivos dependerá de las actividades de manejo y monitoreo del sistema agroecológico de forma sostenible (Armitage, 2003). No obstante, es ineludible indicar la existencia de algunos problemas en la ejecución de programas de Manejo Integrado de Plagas que se encuentran estrechamente relacionados con la presión que ejercen las empresas transnacionales que producen insecticidas químicos, porque los métodos de Manejo Integrado de Plagas disminuyen cuantiosamente la comercialización de estos productos. (Kogan, 1998).

Los sistemas de Manejo Integrado de Plagas usan la data a disposición y acciones para controlar las cantidades de plagas de una forma eficiente, ambiental y económicamente

fehaciente. El Manejo Integrado de Plagas se fundamenta en reducir la población de la plaga a niveles tolerables, y no la eliminación de la especie en su totalidad. La valía del uso de la perspectiva de MIP, se puede palpar observando los mejores resultados en el control de plagas a largo plazo, con el bajo uso de productos químicos y costos reducidos. Los componentes de un sistema de MIP son: prevención, identificación, vigilancia, indicios de daño y acciones, control y evaluación. (Universidad de La Rioja y Pérez, 2000).

Las tácticas de control.

Control cultural.

Prevenir la incorporación de residuos sólidos, eliminando así las áreas de repoblación de simúlidos.

Control mecánico.

Eliminar los estadíos incipientes: huevo, larva y pupa del simúlido.

Control físico.

Usando los árboles y arbustos que ofrecen resguardo, pudiendo eliminarse sencillamente a través de fumigaciones.

Control biológico.

Aplicación de organismos infecciosos como el *Bacillus thuringiensis* var. israelensis como una atractiva opción la reducción de las larvas de simúlidos.

Control químico.

Afecta igualmente a los insectos beneficiosos para el ecosistema acuático, por eso, debe aplicarse con mesura y como una alternativa final.

Control etológico.

La utilización de sustancias químicas emanadas por los animales y que resultan atractivos a los insectos hematófagos puede ayudar a capturar simúlidos. Por ejemplo: los difusores de CO₂, sirven para atrapar simúlidos hembras.

Control legal.

La normatividad nacional, regional y local para la conservación ambiental, puede ayudar a reducir la polución de las aguas. (Troyo-Diéguéz et al., 2006).

2.3.12. Innovaciones en las técnicas biológicas y genéticas para el control de mosquitos

La modificación genética de insectos ha sido muy bien recibida en el campo de la agricultura por su impacto en el control de plagas que afectan a diferentes cultivos. En contraste del uso intenso de insecticidas, su supuesto cero impactos ecológicos, su nivel de especificidad y la no presencia de resistencia (no validada), la presentan como una candidata muy promisoriosa para el control de vectores. No obstante, su transferencia al campo de la salud humana genera inquietudes entre la comunidad científica y suscita dudas en las áreas de salud pública y en los programas de

control de vectores. Por lo mismo, requiere de una comunicación muy efectiva para dar a conocer las evidencias, los beneficios y los riesgos inherentes, a fin de prevenir el rechazo de las comunidades destinatarias.

El objetivo es eliminar de forma gradual y sostenible la reproducción masiva del mosquito o, por lo menos, disminuir su potencial para transmitir infecciones. Se aspira a limitar el uso de intervenciones de control que operativamente son complicadas de llevar a cabo en extensión, frecuencia y oportunidad, intervenciones que, además, demandan presupuestos excesivos por la necesidad de repetirlas (es decir, no son sostenibles). Esto no quiere decir que las creaciones tecnológicas sean más económicas. Un desafío frecuente entre las innovaciones de control y las medidas usuales es lograr las coberturas necesarias para que sean efectivas y sostenibles.

En general, estas innovaciones de manipulación de vectores se fundamentan en dos métodos que se pueden organizar en relación al resultado conseguido (supresión o sustitución de poblaciones) o la forma de establecimiento (autolimitante o autosostenible). Cada una de ellas tiene tácitamente diversas circunstancias o riesgos que avalan su eficacia; por ejemplo, los requisitos para una estrategia autolimitante serán muy diferentes de los de una

autosostenible (permanente) en términos de cobertura, propagación, cantidad de mosquitos y frecuencia para liberarlos, necesidad de vigilancia, costos, etc. (Organización Panamericana de la Salud, 2019).

Las principales innovaciones se resumen a lo siguiente:

Supresión de poblaciones: Esta estrategia busca actuar sobre la demografía de la población del vector para reducirla a un nivel mínimo e impedir que conserve la transmisión o eliminarla del entorno intervenido.

Sustitución o reemplazo de poblaciones: Esta estrategia busca sustituir las poblaciones vectoras por poblaciones modificadas que sean resistentes al contagio viral.

Técnicas de esterilización de insectos (TEI): Las técnicas de esterilidad de insectos (TEI) engloban todos los métodos innovadores que anulan la capacidad reproductiva de los vectores. Si bien el término sugiere que no hay descendencia (esterilidad por radiación), estos insectos pueden aparearse, pero tendrán descendencia no viable. (Organización Panamericana de la Salud, 2019).

Esta práctica está en perfeccionamiento y radica en liberar masivamente a insectos machos estériles que han sido expuestos a bajas radiaciones. Luego de que los machos estériles copulan, las hembras pondrán huevos inviables y la densidad poblacional de insectos disminuye hasta

desaparecer. Este sistema se usó favorablemente en grandes niveles por la FAO y el Organismo Internacional de Energía Atómica, para reducir insectos agrícolas dañinos. (World Health Organization, 2016).

La exposición de los mosquitos machos a radiaciones ocasiona mutaciones genéticas dominantes y mortales para la descendencia de las hembras con las que se aparean (los huevecillos mueren posteriormente de ser fertilizados). Las limitaciones de la radiación de los machos estériles son los efectos negativos (debilidad) que provoca en su desempeño, como el apareamiento defectuoso, la capacidad de vuelo (dispersión) en comparación con los mosquitos silvestres, la necesidad operativa de separar a las hembras de los machos antes de liberarlos y la liberación de enormes cantidades de machos estériles para competir con las especies silvestres. (Organización Panamericana de la Salud, 2019).

Recombinación del ADN: Este tipo de reingeniería introduce mutaciones letales dominantes en el genoma del mosquito que hacen inviable a su descendencia. Otras estrategias radican en liberar insectos portadores de un gen dominante que es mortal para las hembras, o sea, ocasionan una esterilidad condicionada o letalidad selectiva. Los machos liberados transfieren este gen a la descendencia de hembras silvestres, donde resulta letal para las hijas, disminuyendo así

la población de forma similar a la TEI. Este resultado es específico del sexo y solo las hembras mueren; por eso se denominan “mosquitos feminicidas”. Otra técnica se basa en la inclusión de genes de endonucleasa o HEG que confieren resistencia a la infección, genes de fertilidad o genes determinantes del sexo, pero estas estrategias todavía están en desarrollo.

La estrategia más avanzada de transgénesis es la obtención de mosquitos con un gen autolimitante en su genoma, que obstaculiza el desarrollo del vector (mortalidad prematura o tardía) y les impide llegar a la fase adulta. Así, estas estrategias permiten programar el momento del desarrollo que se quiere afectar. Su aplicación en programas de control tendría como intención reducir las poblaciones silvestres a través de la liberación de mosquitos macho portadores del gen letal. (Organización Panamericana de la Salud, 2019).

Supresión de poblaciones de mosquitos infectados con *Wolbachia*: Un método de control biológico que promete es la utilización de mosquitos machos que portan bacterias del género *Wolbachia*, que se encuentran de manera natural en el 60% de los insectos usuales, como las mariposas y las moscas de la fruta. Estos organismos no contagian a los hombres ni a otros animales. Logo que los machos portadores

de las bacterias se emparejan con las hembras, éstas producen huevos que no van a eclosionar, llevando a la reducción de la población de mosquitos. Otra cepa de *Wolbachia*, que está siendo investigada permite implantar la bacteria en las poblaciones de mosquitos y reducir la capacidad de los mosquitos de transferir el dengue. (World Health Organization, 2016).

La infección con la bacteria *Wolbachia* produce en el hospedador una serie de alteraciones reproductivas que se incrementan por la transmisión materna (vertical) y se expresan de diversas maneras:

- Induciendo la mortalidad prematura de embriones o huevos que no eclosionan; provocando la feminización de los machos (genotipo macho con fenotipo hembra).
- Alterando el esperma del macho para invalidar la fecundidad y la viabilidad de los huevos; causando la eliminación o muerte de los machos (los machos infectados mueren y las hembras se infectan).
- Provocando la partenogénesis de las hembras (reproducción de hembras sin esperma); y causando incompatibilidad citoplasmática (IC) cuando los machos infectados se emparejan con hembras no infectadas, dando como resultado huevos no viables, que no

eclosionan y sucumben. (Organización Panamericana de la Salud, 2019).

Los mosquitos no son modificados genéticamente, ya que la técnica no involucra manipulación ni modificación de los genes. Se han soltado mosquitos que portan bacterias del género *Wolbachia* en varias zonas, específicamente en Australia, Brasil, Indonesia y Vietnam, como parte de las estrategias de control del dengue. (World Health Organization, 2016).

Bioinsecticidas

Los insecticidas biológicos se elaboran a base de microorganismos entomopatógenos a través sistemas de producción masiva, siendo el ingrediente activo las propiedades biológicas de proágulo infectivo y su capacidad para el control de insectos plaga. Tratándose de microorganismos entomopatógenos, se enfatizan cuatro conjuntos de patógenos microbianos: nematodos, bacterias, virus y hongos, de acuerdo a su capacidad infecciosa y mortalidad de los insectos plaga pertenecientes al orden Isóptera, Lepidóptera, Hemíptera y Díptera. (Villavicencio y Chávez, 2020).

Las consecuencias y perjuicios ambientales procedentes del descomunal uso de plaguicidas artificiales, han incrementado la producción y uso de bioinsecticidas, dentro

de los cuales, destacan aquellos fundamentados en las características biocidas del *Bacillus thuringiensis* (Bti), calificado en la actualidad como el insecticida biológico más exitoso para su aplicación en el cultivo.

El *Bacillus thuringiensis* (Bti) produce una extensa diversidad de proteínas que son insecticidas activos para diferentes tipos de insectos, con una alta especificidad, porque actúan únicamente sobre una cantidad pequeña de entidades vivas. La combinación de cristales y esporas de diversos aislados de Bti han sido distribuidos en diversos productos para controlar larvas de mosquitos, lepidópteros y escarabajos (Modo de acción del insecticida biológico *Bacillus thuringiensis*, 2019).

2.4. Sistema de Hipótesis

2.4.1. Hipótesis.

H₁ : Existen diferencias significativas entre los colores de trampas para la captura de simúlidos en la ciudad de Huánuco y alrededores.

H₀: No existen diferencias significativas entre los colores de trampas para la captura de simúlidos en la ciudad de Huánuco y alrededores.

2.4.2. Sistema de Variables.

a) **Variable independiente (X):** Color de la trampa adhesiva.

b) **Variable dependiente (Y):** Cantidad de simúlidos capturados.

2.5. Operacionalización de variables

En la siguiente tabla se describe la operacionalización de variables:

Tabla 5. Operacionalización de Variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	CATEGORÍAS	INDICADORES
Variable Independiente: Color de la trampa adhesiva.	Es el color de trampa usado como producto del comportamiento de la especie	Control etológico de Plagas	Aplicación adecuada de la técnica	<ul style="list-style-type: none">• Trampa Azul• Trampa Amarilla• Trampa Negra
Variable Dependiente: Cantidad de simúlidos capturados.	Número (unidad) de simúlidos que se sintieron atraídos por el color de trampa utilizado	Técnicas de Muestreo y Conteo de insectos	Metodología utilizada Ubicación de las trampas	Cantidad de simúlidos capturados por cada color de trampa

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo de Investigación

3.1.1. Enfoque.

El enfoque metodológico usado fue Cuantitativo, ya que éste inicia de concepciones teóricas reconocidas por la sociedad científica, para lo cual, se elabora una hipótesis que pretende relacionar las variables que son elementos del problema a investigar. Monje (2011) asegura que la técnica utilizada en un trabajo de investigación cuantitativo es hipotético-deductivo, ya que parte se inicia de una hipótesis que proviene de un marco teórico. Esta técnica usa el recojo de información para solucionar el problema de investigación y comprobar la hipótesis establecida previamente. También, el recojo de la data se basa en el cálculo, por lo tanto, los sucesos trabajados deben ser visibles y medibles numéricamente. En lo particular, con este enfoque se trata de alcanzar mayor integridad en el estudio, partiendo de una técnica deductiva, el procesamiento de los datos y, la exigencia de la eficacia de los controles.

En el presente trabajo, existen conceptos relativos a los insectos, dípteros y particularmente, a los simúlidos, que datan desde los años 80, hasta la actualidad, los mismos que han sido aceptados y validados mediante trabajos de

investigación, incluso actuales. Con estos conceptos, formulamos las Hipótesis, que relacionan la Variable Independiente (Color de trampa adhesiva) con la Variable Dependiente (Cantidad de simúlidos capturados).

El procedimiento empleado es hipotético-deductivo, porque las hipótesis parten de la teoría que trata sobre los colores de trampa utilizadas en diversos tipos de insectos, especialmente dípteros. El recojo de datos se basa en el cálculo (conteo de simúlidos capturados), por lo tanto, estos eventos son visibles y medibles. Con estos datos, se responde a la pregunta de la investigación y se prueban ambas hipótesis.

3.1.2. Alcance o Nivel.

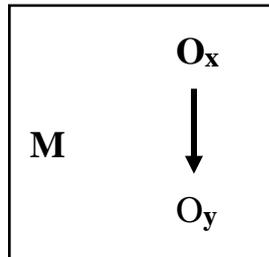
Según Tam (2008), el nivel fue Explicativo, ya que se trata de explicar el comportamiento de la variable “Cantidad de simúlidos capturados” en función de la variable “Color de Trampa”. Se trata de buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto.

3.1.3. Diseño.

La investigación fue Experimental, puesto que Según Monje (2011), en este diseño, el investigador introduce en forma activa cierto tipo de intervención. Para el presente estudio, se intervino de manera activa con la definición de

los colores de trampa para la captura de los simúlidos, así como la ubicación de los puntos de control.

El esquema del diseño es como sigue:



Donde:

M : Muestra = Cantidad de simúlidos capturados en total

Ox : Observación de la variable independiente
X = Color de la trampa adhesiva

Oy : Observación de la variable dependiente
Y= Cantidad de simúlidos capturados por cada color de trampa.

→ : Influencia de la variable independiente sobre la variable dependiente

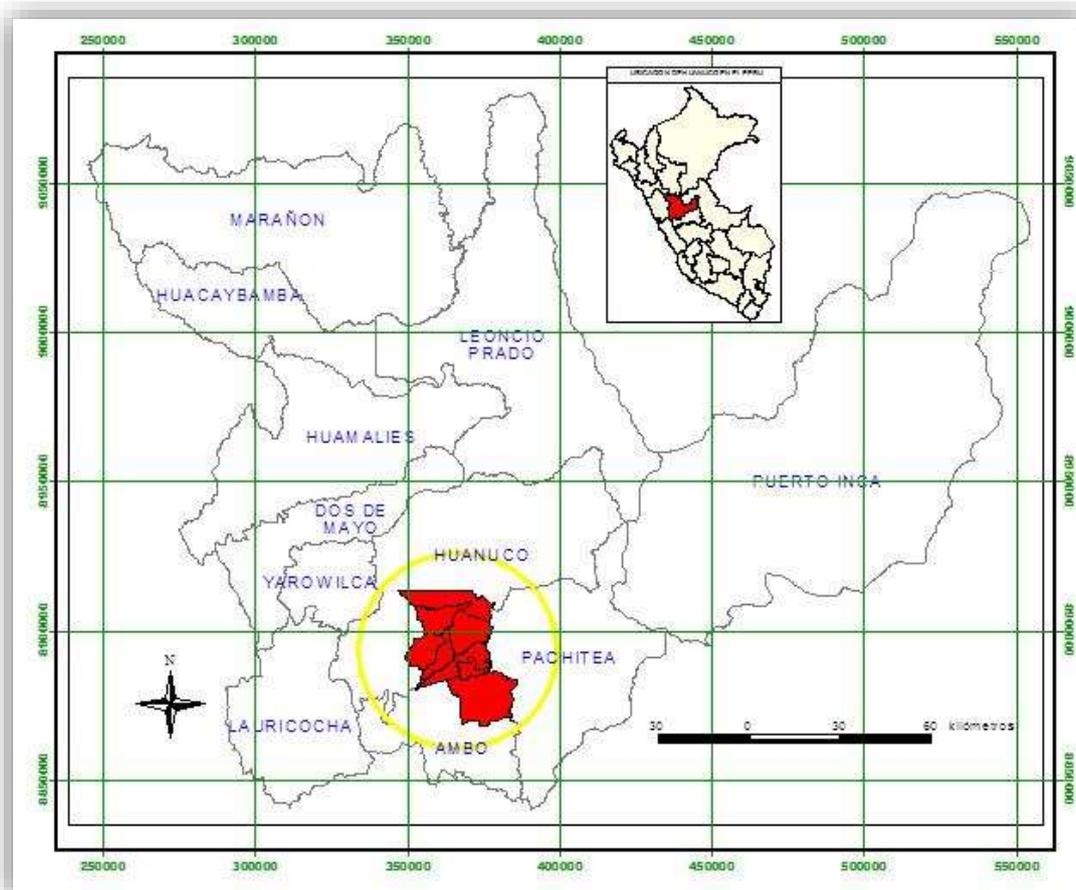
3.2. Población y Muestra

3.2.1. Población.

El objeto del estudio fue la población de simúlidos de la zona urbana en la ciudad de Huánuco y alrededores.

El trabajo se llevó a cabo en la ciudad de Huánuco, Distritos de Huánuco y Amarilis, Provincia y Departamento de

Huánuco. El ámbito del estudio se ubica en las coordenadas geográficas Latitud Sur 09°55'40" y de Longitud Oeste 76°14'00".



Fuente: INEI - Compendio Estadístico Departamental, 2007

Figura 8. Ubicación del estudio

3.2.2. Muestra.

Las muestras fueron los simúlidos capturados en 300 trampas adhesivas, distribuidas de la siguiente manera:

- 10 Puntos de Control (Ver Tabla 6)
- 3 Colores por cada punto de control
- 10 semanas de evaluación

Tabla 6. Puntos de Control

PTO.	UBICACIÓN	DISTRITO	PROVINCIA	COORDENADAS		ALTITUD (msnm)
				N	E	
1	La Esperanza 1	Amarilis	Huánuco	8907298	0368822	1899
2	La Esperanza 2	Amarilis	Huánuco	8907113	0368612	1895
3	Llicua (Puente Savoy)	Amarilis	Huánuco	8902427	0364648	1908
4	Paucarbamba	Huánuco	Huánuco	8901081	0363347	1929
5	Estadio (Higueras)	Amarilis	Huánuco	8901020	0362739	1924
6	Puente Pavletich	Huánuco	Huánuco	8902822	0364666	1920
7	Baden del Ejército	Huánuco	Huánuco	8904609	0364660	1904
8	Cantera (Colpa Baja)	Huánuco	Huánuco	8905746	0365271	1890
9	"Gallito" (Colpa Baja)	Huánuco	Huánuco	8907217	0366228	1882
10	Gobierno Regional	Amarilis	Huánuco	8901815	0364518	1922

Fuente: DIRESA – Huánuco, 2007

3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.3.1. Técnicas de recolección de datos.

Técnica de fichaje.

Esta técnica se utilizó para procesar la información relacionada al tema de la investigación.

3.3.2. Instrumentos de recolección de datos.

Fichas de Recolección de Información de Campo.

En este instrumento se consideraron los 10 puntos de control, las 10 semanas de recolección y las cantidades, por cada color de trampa. (Ver Tabla 7).

Tabla 7. Fichas de conteo por color de trampa

FICHA N° COLOR DE TRAMPA:											
Punto de Control	CANTIDAD DE SIMULIDOS										Sub Total
	Fecha 1	Fecha 2	Fecha 3	Fecha 4	Fecha 5	Fecha 6	Fecha 7	Fecha 8	Fecha 9	Fecha 10	
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
TOTAL											

Fuente: Elaboración propia

Ficha Resumen.

Se consideró las cantidades de simúlidos capturados por cada color, de acuerdo a cada punto de control. (Ver Tabla 8).

Tabla 8. Ficha Resumen

Punto de Control	COLOR DE TRAMPA			TOTAL
	AMARILLA	AZUL	NEGRO	
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
TOTAL				
%				

Fuente: Elaboración propia

3.3.3. Validación de la Metodología.

La metodología usada fue propuesta por el Centro Internacional de la Papa (CIP), publicada en su Hoja Divulgativa No. 1 “Programa de Manejo Integrado de Plagas; Uso de trampas amarillas en el control de adultos de mosca minadora y mosca blanca”.

Materiales y equipos.

- Trampas de plástico de 21 x 30 cm., de tres colores: Amarillas, azules y negras.
- Aceite vegetal
- Estereoscopio
- Tablero
- Fichas de campo

Selección de los puntos de muestreo.

Se ubicaron 10 lugares para muestrear, en sitios estratégicos, para asegurar la captura de simúlidos. (Ver Tabla 6).

En cada lugar de muestreo se colocaron tres trampas (una por cada color).

Colección y conteo.

Se recolectaron los simúlidos capturados en las trampas por cada semana; las trampas se colocaron en sobres manila debidamente identificados.

Se procedió a separar las especies capturadas que no son objeto del estudio, usando un estereoscopio.

Se contó la población de simúlidos por cada cuadrícula con el uso de un estereoscopio.

Los datos fueron plasmados en las “Fichas de Recolección de Información de Campo”.

3.4. Técnicas para el procesamiento de análisis de la información

3.4.1. Estadística descriptiva.

Con la ayuda de los programas Microsoft Excel 2013, se realizó el análisis exploratorio para ayudar a comprender la estructura de los datos, para detectar tanto un patrón de comportamiento general como apartamientos del mismo.

Se realizó elaborando un gráfico de sencilla realización e interpretación, presentando para este fin, un Gráfico Circular o Diagrama de Torta.

3.4.2. Diseño Experimental.

El Diseño Experimental usado fue el Diseño Completamente al Azar (DCA), que consistió en la asignación de los tratamientos (Trampas de diferentes colores) a las unidades experimentales (Puntos de control).

Asimismo, se realizó el respectivo Análisis de Varianza o ANOVA.

Modelo estadístico del Diseño:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + e_{ij}$$

Donde:

$i = 1, 2, \dots$ tres tratamientos (trampas azul, amarillo y negro)

$j = 1, 2, 3, \dots$ puntos de control (secciones 1, 2, 3, ... 10)

Y_{ij} : Variable aleatoria observada en el i -ésimo Color de Trampa del j -ésimo Punto de Control.

μ : Parámetro de escala común para todos los tratamientos, denominado media global.

τ_i : Efecto del i -ésimo tratamiento.

e_{ij} : Efecto del error experimental $N(0, \sigma^2)$ independiente

Las hipótesis a probar con respecto al efecto de los tratamientos:

$H_0 : \tau = \tau_i$ Versus

$H_1 : \tau \neq \tau_i$ Para algún $i \neq i'$

Tabla 9. Análisis de Varianza (ANOVA) para el Diseño Completamente al Azar

Fuente de Variación (F.V)	Grados de Libertad (G.L.)	Suma de Cuadrados (S.C.)	Cuadrado Medio (C.M.)	F _(Calculado)	F _(Tabla)
Tratamientos (Entre los Tratamientos)	t-1	$\sum_{i=1}^t \frac{Y_i^2}{r} - \frac{Y^2}{tr}$	$\frac{SC_{Tratamientos}}{t-1}$	$F_c = \frac{CM_{Trata}}{CM_{Error}}$	$F_{(t-1, n-t, \alpha)}$
Error (Dentro de los tratamientos)	$\sum_{i=1}^t n_i - t$	$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^{n_i} (Y_{ij} - \bar{Y}_i)^2$	$\frac{SC_{Error}}{\sum_{i=1}^t n_i - t} = \sigma^2$		
TOTAL	$\sum_{i=1}^t n_i - 1$	$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r Y_{ij}^2 - \frac{Y^2}{tr}$	Si F_(Tabla) < F_(Calculado) SE RECHAZA H₀		

Fuente: Monje, 2011.

Para aplicar el diseño propuesto y demostrar las hipótesis de procedió a:

- i) Seleccionar los puntos de control para formar parte de la muestra para la aplicación de los tratamientos (Trampas).
- ii) Tomar las muestras en diez fechas diferentes a la cual se aplicó el tratamiento.
- iii) Realizar el proceso utilizando el Diseño Completamente al azar con un análisis de varianza ANOVA, utilizando el Software SPSS ver.24 y la prueba de los supuestos de normalidad y homocedasticidad (homogeneidad) que permite ver la validez del modelo.

CAPITULO IV

4. RESULTADOS

4.1. Relatos y Descripción de la Realidad Observada

De acuerdo a lo observado en la recolección de los datos, esto es, en el recojo de la unidades muestrales, se observó a simple vista que hay diferencia en la cantidad de simúlidos recolectados entre los colores de trampa. También se pudo observar que existe alguna diferencia entre los puntos de control. La significancia de estas diferencias deberá ser valorada con las pruebas estadísticas.

4.2. Conjunto de Argumentos Organizados (Datos)

Los datos fueron plasmados en las “Fichas de Recolección de Información de Campo”, lográndose los siguientes resultados:

Tabla 10. Ficha de Conteo para el color de trampa Amarillo

FICHA N° 01 COLOR DE TRAMPA : AMARILLA											
PUNTO DE CONTROL	CANTIDAD DE SIMULIDOS POR FECHA										
	Fecha 1 05 / 07 / 2014	Fecha 2 12 / 07 / 2014	Fecha 3 19 / 07 / 2014	Fecha 4 26 / 07 / 2014	Fecha 5 09 / 08 / 2014	Fecha 6 16 / 08 / 2014	Fecha 7 23 / 08 / 2014	Fecha 8 30 / 08 / 2014	Fecha 9 06 / 09 / 2014	Fecha 10 13 / 09 / 2014	SUB TOTAL
1	319	298	306	327	282	301	287	305	287	296	3,008.00
2	340	331	302	322	336	327	288	304	307	269	3,126.00
3	313	292	306	303	294	287	321	315	278	295	3,004.00
4	322	328	347	317	312	330	314	295	342	307	3,214.00
5	299	276	304	287	304	269	281	291	265	263	2,839.00
6	275	279	252	275	284	302	309	281	272	260	2,789.00
7	304	307	293	319	311	296	286	301	292	309	3,018.00
8	251	276	305	298	259	277	290	285	273	284	2,798.00
9	320	304	309	297	302	288	271	266	285	296	2,938.00
10	359	388	392	377	381	376	327	375	363	374	3,712.00
TOTAL											30,446.00

Fuente: Software Excel.

Tabla 11. Ficha de Conteo para el color de trampa Azul

FICHA N° 02 COLOR DE TRAMPA : AZUL											
PUNTO DE CONTROL	CANTIDAD DE SIMULIDOS POR FECHA										
	Fecha 1 05 / 07 / 2014	Fecha 2 12 / 07 / 2014	Fecha 3 19 / 07 / 2014	Fecha 4 26 / 07 / 2014	Fecha 5 09 / 08 / 2014	Fecha 6 16 / 08 / 2014	Fecha 7 23 / 08 / 2014	Fecha 8 30 / 08 / 2014	Fecha 9 06 / 09 / 2014	Fecha 10 13 / 09 / 2014	SUB TOTAL
1	149	132	140	109	155	141	129	126	122	142	1,345.00
2	157	142	147	168	138	143	159	148	155	146	1,503.00
3	135	143	111	115	132	122	127	134	102	120	1,241.00
4	109	115	120	107	104	122	123	110	118	98	1,126.00
5	88	103	84	119	125	118	94	82	92	110	1,015.00
6	71	75	86	91	67	71	90	98	91	101	841.00
7	114	110	105	103	97	112	94	112	105	115	1,067.00
8	85	74	67	88	94	76	72	83	79	81	799.00
9	110	116	139	97	152	140	134	114	115	121	1,238.00
10	145	162	137	118	126	155	147	133	122	126	1,371.00
TOTAL											11,546.00

Fuente: Software Excel.

Tabla 12. Ficha de Conteo para el color de trampa Negro

FICHA N° 03 COLOR DE TRAMPA : NEGRO											
PUNTO DE CONTROL	CANTIDAD DE SIMULIDOS POR FECHA										
	Fecha 1 05 / 07 / 2014	Fecha 2 12 / 07 / 2014	Fecha 3 19 / 07 / 2014	Fecha 4 26 / 07 / 2014	Fecha 5 09 / 08 / 2014	Fecha 6 16 / 08 / 2014	Fecha 7 23 / 08 / 2014	Fecha 8 30 / 08 / 2014	Fecha 9 06 / 09 / 2014	Fecha 10 13 / 09 / 2014	SUB TOTAL
1	26	22	31	15	24	21	13	15	27	25	219.00
2	14	19	23	22	20	29	33	21	18	25	224.00
3	13	10	16	15	21	18	11	22	12	19	157.00
4	9	14	11	16	19	13	20	17	9	18	146.00
5	22	17	24	13	16	11	19	12	20	12	166.00
6	36	29	23	34	32	22	24	13	27	20	260.00
7	21	23	19	31	22	18	25	20	30	22	231.00
8	11	15	7	13	20	11	18	26	19	15	155.00
9	34	36	27	18	23	15	21	17	24	20	235.00
10	28	21	30	21	25	31	34	21	27	22	260.00
TOTAL											2,053.00

Fuente: Software Excel.

Los datos de las Fichas de Conteo para cada color, se consolidaron en una sola Ficha Resumen, como se muestra:

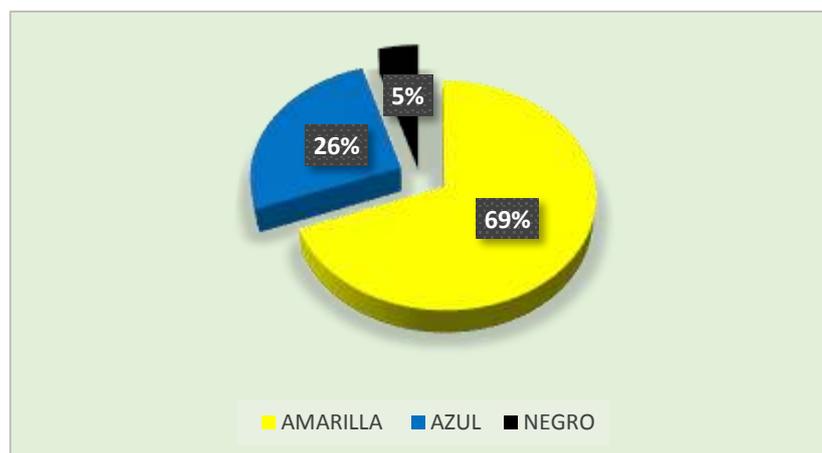
Tabla 13. Ficha Resumen

Punto de Control	COLOR DE TRAMPA			TOTAL
	AMARILLO	AZUL	NEGRO	
1	3,008	1,345	219	4,572
2	3,126	1,503	224	4,853
3	3,004	1,241	157	4,402
4	3,214	1,126	146	4,486
5	2,839	1,015	166	4,020
6	2,789	841	260	3,890
7	3,018	1,067	231	4,316
8	2,798	799	155	3,752
9	2,938	1,238	235	4,411
10	3,712	1,371	260	5,343
TOTAL	30,446	11,546	2,053	44,045
%	69.12	26.21	4.66	100

Fuente: Resultados de conteo de simúlidos por punto de control. Software Excel.

4.2.1. Procesamiento de Datos

Con la información de la Tabla 13 y con el uso del Software SPSS V.24, se elaboró la Figura 9, tal como se muestra a continuación:



Fuente: Resultados de datos de la Tabla 13. Software SPSS V.24.

Figura 9. Resultado de la cantidad de simúlidos en porcentajes por color de trampa.

Interpretación.

Según la Tabla 13, observamos las cantidades totales de simúlidos atrapados según el color de la trampa, asimismo se puede observar estas cantidades por punto de control, distribuidos en función del color de la trampa.

En la Figura 9, observamos la distribución del total de los simúlidos atrapados en forma porcentual según el color de la trampa, teniendo en el color amarillo el 69%, el color azul 26% y el color negro el 5%, haciendo un total del 100%.

Tabla 14. Prueba de homogeneidad de varianzas de la variable dependiente

Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error^a			
Variable dependiente: Color de Trampa			
F	df1	df2	Sig.
4,118	2	27	,270
Prueba la hipótesis nula que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.			
a. Diseño : Intersección + ColorTrampa			

Fuente: Resultados de datos de la Tabla 13. Software SPSS V.24.

Interpretación.

En la Tabla 14, la hipótesis nula a probar es que las varianzas de las Trampas sean iguales o al menos parecidas, con un nivel de significancia $\alpha = 0.05$.

Observamos que la columna Sig., = 0.270 es mayor a 0.05, (Sig. 0.270 > $\alpha = 0.05$), por lo que aceptamos la hipótesis nula, esto es, la varianzas de los tres colores de las trampas son estadísticamente iguales; significa que las varianzas de la trampa de color amarillo, de la trampa de color azul y de la trampa de color negro, son iguales.

Tabla 15. Prueba de normalidad de la variable Color de Trampa

	Color de trampa	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Punto de control	Trampa Negra	,220	10	,185	,866	10	,091
	Trampa Amarilla	,239	10	,111	,820	10	,250
	Trampa Azul	,142	10	,200*	,966	10	,847

Fuente: Resultados de datos de la Tabla 13. Software SPSS V.24.

Interpretación.

En la Tabla 15, observamos la prueba de normalidad, una de las condiciones para poder aplicar el análisis de varianzas en la presente investigación. Lo que probaremos es que los datos en las trampas se distribuyan normalmente, por lo que planteamos como hipótesis nula: La distribución de los datos

siguen una distribución normal, con un nivel de significancia $\alpha = 0.05$.

Si observamos los resultados de normalidad con los estadísticos de Shapiro-Wilk, columna Sig., los valores de significancia, de las trampas están por encima del 5% (0.05), lo cual nos indica que las dos distribuciones se distribuyen normalmente.

Resultados del Análisis de Varianza – ANOVA en el Diseño Completamente al Azar – DCA.

Análisis estadístico de la cantidad de simúlidos atrapados según los colores de las trampas utilizadas.

Planteamiento de la Hipótesis.

Se va a determinar si los colores de trampas producen diferencias significativas estadísticamente sobre la cantidad de simúlidos capturados en la ciudad de Huánuco.

H₀: $\tau = \tau_i$ Todos los tratamientos producen el mismo efecto en la cantidad de simúlidos capturados.

H₁: $\tau \neq \tau_i$ Al menos uno de los tratamientos produce efectos significativos en el número de simúlidos. (Para al menos un $i = 1, 2, \dots, t$)

Nivel de significancia : $\alpha = 0.05$

Estadístico de prueba : F

Criterio de Decisión : Sig. Vs. $\alpha = 0.05$

Con el software estadístico SPSS.V24, utilizando la Tabla 13, se procedió con los análisis respectivos.

Análisis estadístico inferencial según el color de trampa.

Tabla 16. Análisis de Varianza para la Variable Color de Trampa

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	41782983,270 ^a	2	20891491,630	488,852	,000
Intersección	64665400,830	1	64665400,830	1513,143	,000
Color de Trampa	41782983,270	2	20891491,630	488,852	,000
Error	1153866,900	27	42735,811		
Total	107602251,000	30			
Total corregido	42936850,170	29			

a. R al cuadrado = ,973 (R al cuadrado ajustada = ,971)

Fuente: Resultados de datos de la Tabla 13. Software SPSS V.24.

Interpretación.

En la Tabla 16, el Análisis de Varianza ANOVA de los grupos, nos muestra el valor de Sig. = 0.000, inferior al valor de $\alpha = 0.05$; (Sig.< α) lo que admite rechazar la hipótesis nula H_0 (que los resultados en los tratamientos son iguales).

Por lo tanto, existen evidencias estadísticas para afirmar que los grupos son diferentes y aceptamos la hipótesis alterna H_1 (que los resultados en la trampas son estadísticamente diferentes). Es decir, el efecto en las trampas es distinto según el color de los mismos.

En la Tabla 16, el R al cuadrado = 0.973, significa que en el modelo del ANOVA utilizado, la fuente de variación de las trampas con la variable dependiente después de aplicado el tratamiento representa un 97.3% de variabilidad. Dicho de otra forma, la Variable Independiente (Color de Trampa) influye en 97.3 % sobre la Variable Dependiente (Cantidad de Simúlidos Capturados).

Tabla 17. Medias de las Trampas para la Variable Color de Trampa

Color de trampa	Media	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
Trampa Negra	205,300	65,373	71,166	339,434
Trampa Amarilla	3044,600	65,373	2910,466	3178,734
Trampa Azul	1154,600	65,373	1020,466	1288,734

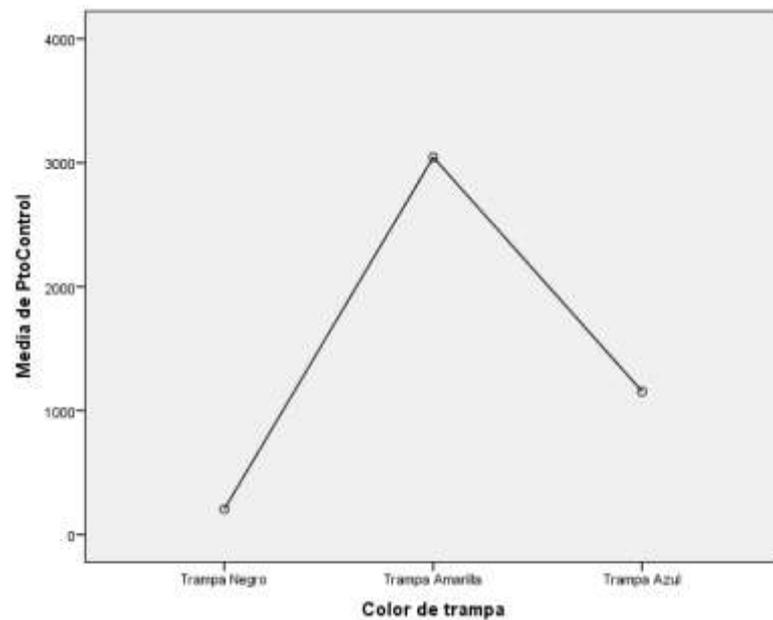
Fuente: Resultados de datos de la Tabla 13. Software SPSS V.24.

Interpretación.

En la Tabla 17, podemos ver las medias para cada trampa, por ejemplo, la cantidad promedio de simúlidos por trampa son:

- Amarilla = 3044,600 con intervalo de confianza (2910,466; 3178,734)
- Negro = 205,300 con intervalo de confianza (71,166; 339,434)
- Azul = 1154,600 con intervalo de confianza (1020,466; 1288,734)

A simple vista podemos decir que entre las cantidades de mosquitos de las trampas Negro, Amarillo y Azul muestran diferencias significativas entre sí, por lo que podemos decir, que la cantidad de mosquitos atrapados en las trampas muestran diferencias muy marcadas. Esas diferencias las podemos ver con la prueba Post Hoc (Comparaciones Múltiples).



Fuente: Resultados de datos de la Tabla 17. Software SPSS V.24.

Figura 10. Medias de las trampas según su color.

Interpretación.

En el Gráfico 1, podemos observar que el efecto de los colores es diferentes, ya que la cantidad de simúlidos atrapados por trampa muestran medias diferentes.

Pruebas Post-Hoc para determinar las diferencias en las trampas.

Mediante el siguiente análisis veremos qué trampas están haciendo la diferencia, ya que el análisis de varianza ANOVA (Tabla 16) demuestra que existen diferencias en las medias en las trampas.

Tabla 18. Análisis de Comparaciones Múltiples para la Variable Color de Trampa

	(I) Color de trampa	(J) Color de trampa	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	Trampa Negra	Trampa Amarilla	-2839,30*	92,451	,000	-3068,52	-2610,08
		Trampa Azul	-949,30*	92,451	,000	-1178,52	-720,08
	Trampa Amarilla	Trampa Negra	2839,30*	92,451	,000	2610,08	3068,52
		Trampa Azul	1890,00*	92,451	,000	1660,78	2119,22
	Trampa Azul	Trampa Negra	949,30*	92,451	,000	720,08	1178,52
		Trampa Amarilla	-1890,00*	92,451	,000	-2119,22	-1660,78
Bonferroni	Trampa Negra	Trampa Amarilla	-2839,30*	92,451	,000	-3075,28	-2603,32
		Trampa Azul	-949,30*	92,451	,000	-1185,28	-713,32
	Trampa Amarilla	Trampa Negra	2839,30*	92,451	,000	2603,32	3075,28
		Trampa Azul	1890,00*	92,451	,000	1654,02	2125,98
	Trampa Azul	Trampa Negra	949,30*	92,451	,000	713,32	1185,28
		Trampa Amarilla	-1890,00*	92,451	,000	-2125,98	-1654,02
Se basa en las medias observadas. El término de error es la media cuadrática (Error) = 42735,811. *. La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.							

Fuente: Resultados de datos de la Tabla 13. Software SPSS V.24.

Se utilizó dos formas de poder compararlas: Prueba de HSD Tukey y la de Bonferroni.

En la Tabla 18, podemos ver en ambas pruebas en la que comparamos las Trampas Negro, Amarillo y Azul, los niveles de significación (Sig.=0.000) o p-valor están por debajo del 0.05 ($\alpha=0.05$) por lo que podemos decir que existe diferencias significativas entre las trampas.

Tabla 19. Análisis de medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos para la variable independiente Color de Trampa después de aplicar los tratamientos

	Color de trampa	N	Subconjunto		
			1	2	3
Student-Newman-Keuls^{a,b}	Trampa Negra	10	205,30		
	Trampa Azul	10		1154,60	
	Trampa Amarilla	10			3044,60
	Sig.		1,000	1,000	1,000
HSD Tukey^{a,b}	Trampa Negra	10	205,30		
	Trampa Azul	10		1154,60	
	Trampa Amarilla	10			3044,60
	Sig.		1,000	1,000	1,000
<p>Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos. Se basa en las medias observadas. El término de error es la media cuadrática (Error) = 42735,811.</p> <p>a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 10,000. b. Alfa = .05.</p>					

Fuente: Resultados de datos de la Tabla 13. Software SPSS V.24.

Interpretación.

En la Tabla 19, cuando los grupos están en la misma columna no hay diferencias significativas, pero si observamos cada uno de las trampas según su color podemos darnos cuenta que todas las trampas están en diferentes grupos tanto con Student-Newman-Keuls y con HSD Tukey, mostrando en ambos caso un Sig.= 1.000.

Por lo tanto, en las tres trampas podemos decir que estadísticamente existen diferencias significativas ya que se encuentran en diferentes grupos cada uno de las trampas.

CAPÍTULO V

5. DISCUSIÓN

5.1. Propuesta de solución al problema

La solución del problema se puede plantear mediante la incorporación del uso de las trampas de color amarillo como parte de un programa de manejo integrado para el control de la población de simúlidos.

5.2. Sustentación de la propuesta

El trabajo de investigación buscó establecer si existen diferencias significativas entre tres colores de trampas para la captura de simúlidos en la ciudad de Huánuco y alrededores.

En base a los resultados obtenidos en las pruebas estadísticas de Análisis de Comparaciones Múltiples de HSD Tukey y la de Bonferroni., se pudo establecer que los niveles de significación (Sig.=0.000) o p-valor están por debajo del 0.05 ($\alpha = 0.05$), por lo que podemos decir que sí existen diferencias significativas entre las trampas de colores Amarillo, Azul y Negro. Este resultado es confirmado con el Análisis de Medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos para la variable independiente Color de Trampa luego de aplicar las pruebas de Student-Newman-Keuls y con HSD Tukey, mostrando en ambos caso un Sig.=1.000, que demuestran que en entre las tres trampas, estadísticamente existen diferencias significativas.

Como se conoce, en insectos voladores, especialmente en los diurnos, el olfato y la visión son fundamentales para su orientación y su ubicación en su entorno, ya que de éstos depende su sobrevivencia, y les sirve para conseguir fuentes de alimento, lugares de oviposición, de descanso, etc. Estos pueden sentir atracción o repulsión a diversos colores, la selección de los colores por parte de los insectos es dependiente de la longitud de onda de luz que se relacione con sus ojos.

Si bien es cierto, no se tiene determinado el espectro visible de luz por el ojo de los simúlidos, se puede deducir que éstos presentan respuesta sensible positiva a nivel de su comportamiento y a nivel electrofisiológico de sus fotorreceptores a una longitud de onda de 570 a 581 nm, que corresponde a la longitud de onda del color amarillo, mediante el siguiente proceso: Los ojos del simúlido reciben el espectro de luz que estimula las células sensibles a la luz (fotosensibles), iniciando un proceso de fototransducción que transforma los fotones de luz en señales eléctricas, de tal manera que el sistema nervioso lo procesa y da una respuesta de atracción hacia el color amarillo, llamado en este caso "Fototaxia positiva" para este color.

En relación a las trampas azules, los simúlidos manifestaron tener menos favoritismo o afinidad con el color azul respecto al color amarillo, consiguientemente, podríamos deducir que la

longitud de onda de 450 a 495 nm del espectro visible, aprox., no logró mayor respuesta positiva.

Los resultados revelaron que la afinidad por el color negro por parte de los simúlidos fue mínima, o sea, los fotorreceptores de los simúlidos no se manifestaron positivamente a las longitudes de onda inferiores a 350 nm. Esto parece contrastar con la realidad, ya que según observaciones previas, existe aglomeración en torno a las personas que visten prendas de este color. No obstante, la baja atracción presentada en este trabajo, podemos atribuirla a que los mosquitos se sienten atraídos en primera instancia, por la cantidad de CO₂ que emiten los animales al respirar, el olor de los animales, y esto, sumado al color negro, parecen ser buen atrayente. Debido a que las trampas han sido ubicadas en lugares con mínima o cero afluencia de personas, el efecto CO₂ se vio disminuido considerablemente, y se demostró que el color negro por sí mismo, no es atractivo a los simúlidos.

No se conoce estudios sobre trampas de colores para simúlidos, sin embargo, a través de los tiempos se realizaron trabajos de investigación que dieron como resultado la determinación de ciertos colores preferidos por diversos insectos. Se pueden mencionar algunos resultados de fototaxia positiva de algunos insectos voladores hacia ciertos colores:

- *Liriomyza huidobrensis* (mosca minadora), amarillo
- *Musca domestica*, (mosca doméstica), rojo, negro

- *Aedes aegypti* (zancudo del dengue), negro, azul, rojo, marrón
- *Anopheles sp* (mosquito del paludismo), blanco
- *Bemisia tabaci* (mosca blanca), amarillo

Debido a que no existen trabajos de investigación de control etológico con trampas de colores en Simúlidos, se consideró el color de trampa amarillo porque es usado para capturar algunos dípteros y hemípteros. El color azul atrae diversos insectos de la Orden Tisanópteros, no obstante, se utilizó para descartar alguna posibilidad de que éste color atraiga a los simúlidos. El color negro fue utilizado debido a que los simúlidos adultos parecen más activos alrededor de personas con atuendos de color oscuro, en comparación con aquellas con vestimenta de color claro.

Tal como se aprecia, los resultados conseguidos en los diversos estudios, revelan resultados diferentes de preferencia hacia determinado color entre órdenes de la Clase Insecta, incluso entre los de un mismo Orden (Dípteros), por lo tanto, no se debe extrapolar datos para inferir un determinado comportamiento de los insectos; por lo que se hace necesario realizar estudios particulares para cada especie.

En la actualidad, con la electrofisiología (rama que estudia las propiedades eléctricas de las células y tejidos biológicos) se lleva a cabo estudios para detallar la actividad de los fotorreceptores de los insectos usando el método del Electroretinograma (ERG), que

resulta en la suma de la actividad eléctrica de cada célula de la retina, y es una técnica clínica bien establecida que evalúa la función de la retina en su totalidad. Esto con la finalidad, que una vez estudiada la sensibilidad al espectro por los fotorreceptores de una especie, se puede pronosticar qué señal estos receptores remitirán al cerebro. Sin embargo, en algunos casos, no se puede pronosticar el comportamiento de las especies a los estímulos partiendo solo del estudio de la fisiología del fotorreceptor. Por ejemplo, electrofisiológicamente, los tábanos son sensibles al espectro de luz azul (entre 480 y 515 nm), pero se sienten cautivados comportamentalmente, también por el rojo y el negro.

La necesidad de combatir la plaga de simúlidos en la ciudad de Huánuco y sus alrededores se mantiene hasta la actualidad, puesto que la DIRESA Huánuco continúa con los monitoreos de la población de simúlidos, teniendo como resultado en el mes de agosto del año 2019 (Tabla 3), niveles de Densidad Alta de simúlidos, mostrando un Índice de Picadura Hombre Hora (IPHH), desde 93.6 hasta 112.6. Del mismo modo, en un trabajo de investigación para medir el índice de larvas y adultos de simúlidos en el río Huallaga y sus afluentes, realizado por la DIRESA Huánuco (2019), se encontró alto índice de adultos y larvas de simúlidos en los ríos Huallaga y Garbanzo, con IPHH de 150 y 142, respectivamente, así como alto Índice de Larvas en los ríos Huancachupa y Ambo, con 58 y 36 larvas/m², respectivamente.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. Al demostrarse estadísticamente que existen diferencias significativas entre los colores de trampas para la captura de simúlidos, se acepta la Hipótesis Alternativa H_1 : “Existe diferencia significativa entre los colores de trampas para la captura de simúlidos en la ciudad de Huánuco y alrededores”, rechazándose la Hipótesis Nula H_0 : “No existe diferencia significativa entre los colores de trampas para la captura de simúlidos en la ciudad de Huánuco y alrededores”.
2. Se determinó que sí existe diferencia significativa entre los colores de trampa para la captura de simúlidos en la ciudad de Huánuco y alrededores.
3. El color de trampa sí determina la cantidad de simúlidos capturados, lográndose identificar el color Amarillo como adecuado para ser utilizado como trampa de color en la captura de simúlidos en la ciudad de Huánuco y alrededores, el mismo que puede ser implementado como parte de un manejo integrado de este insecto, como también para implementar un sistema de control etológico, con la finalidad de controlar o disminuir su población a niveles que no sean perjudiciales a las personas y animales.

Recomendaciones

- 1.** Profundizar los estudios respecto a este tema, ya que se carece de mayor información nacional y local del manejo de esta plaga.
- 2.** Realizar estudios con otros colores de trampas para determinar la atracción, así como utilizar algunos atrayentes como feromonas sexuales para optimizar el uso del color atractivo para los simúlidos.
- 3.** Implementar nuevas técnicas como el Electroretinograma (ERG), y estos estudios electrofisiológicos se complementen con análisis comportamentales de las respuestas de los simúlidos a diversos estímulos visuales para conocer detalladamente la biología visual de esta especie y a partir de allí, proponer nuevos estudios y técnicas de control.
- 4.** Implementar nuevas técnicas biológicas y genéticas para el control de simúlidos.
- 5.** Socializar estos estudios con los actores directos: instituciones, agricultores, comerciantes, y población en general para viabilizar la implementación del control etológico de simúlidos, que es una técnica de bajo impacto ambiental.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANECPLA (Asociación Nacional de Empresas de Sanidad Ambiental). (2018). *Guía para la gestión de mosquitos y simúlidos*. Madrid, España: ANECPLA.
- Armitage, D. R. (2003). Traditional agroecological knowledge, adaptive management and the socio-politics of conservation in Central Sulawesi, Indonesia. *Environmental Conservation*, 30(1), 79–90.
- Bueno, R. M., Moreno, J. M., Oltra, T. M., y Jiménez, R. P. (2009, 1 abril). SciELO - Saúde Pública - Artrópodos con interés vectorial en la salud pública en España. Recuperado 10 octubre, 2019, de <https://www.scielosp.org/article/resp/2009.v83n2/201-214/>
- Carles-Tolrá, M. (1997). Los dípteros y el hombre. *Boletín de la S.E.A.*, (20), 405–425.
- Carles-Tolrá, M. (2015). Clase Insecta; Orden Diptera. *Revista IDE@ - SEA*, (63), 1–22.
- Castresana, J. E. (2016). Efectividad de las trampas adhesivas amarillas para el control de la mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae) en el cultivo de tomate *Lycopersicum esculentum* (Miller) (Solanaceae) en el norte de la Provincia de Entre Ríos. *Tesis presentada para optar el título de Magister Scientiae de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata*, 1, 25.
- Correo, R. (2016, julio 7). Proyecto para contrarrestar plaga de mosquitos está paralizado. *Correo*. Recuperado de <https://diariocorreo.pe>

- Coscarón, S., Coscarón, C., y Papavero, N. (2008). Catalogue Neotropical Diptera. Simuliidae. *Neotropical Diptera*, 2, 1–90.
- Crosskey, R. W., y Howard, T. M. (2004). *A revised taxonomic and geographical inventory of World blackflies (Diptera: Simuliidae)*. London, England: The Natural History Museum.
- Darrigan, G., Vilches, A., Legarralde, T., y Damborenea, C. (2007). Guía para el estudio de macroinvertebrados; métodos de colecta y técnicas de fijación. *Serie Técnica Didáctica*, (Nº 10), 85.
- Diario Ahora (Ed.). (2019, septiembre 5). Edición digital Diario Ahora 26-01-19. *Diario Ahora*. Recuperado de <https://issuu.com>
- Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental DIRESA - Huánuco, & Abanto, J. L. (2014). *Boletín Salud Ambiental* (01).
- Dirección Regional de Salud Huánuco, Villarreyes, A., Abanto, J. L., y López, W. H. (2019). Índice de larvas y adultos de simúlidos spp. en el río Huallaga y sus afluentes Huánuco 2019. *Boletín Laboratorio Referencial Regional de Salud Pública*, 3-4.
- Dirección General de Salud Ambiental - Ministerio de Salud. (2002). *Manual de campo para la vigilancia entomológica*. Lima, Perú.
- Díaz, C., y Sime, L. (2009). La explicitación de la metodología de la investigación. Un vistazo. *Cultura Investigadora; Boletín de la Maestría en Educación de la PUCP*, 2(0), 2–4.
- Diez, F. (2012). *Control de paquitas (Diptera: Simuliidae) en Villa Turística Casa de Piedra, Provincia de la Pampa*. La Pampa, Argentina: Consejo Federal de Inversiones.

- Dinulescu, G. 1966. *Fauna Republici Soc. Romania. Insecta, Diptera, Fam. Simuliidae*. Fauna Republicii Socialiste România, 11: 1-600.
- Duran, C., y Pardos, M. (2009). *Guía de campo Macro-invertebrados de la cuenca del Ebro*. Zaragoza, España: Ministerio del Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- Editorahora. (2018, octubre 19). Se inició proyecto de control de simúlidos en Huánuco. *AHORA*. Recuperado de <http://www.ahora.com.pe>
- Estela, J., Iannaccone, J., y Chávez, M. (2006). Perfil del proyecto: Manejo integrado de plaga de simúlidos en la ciudad de Huánuco y alrededores. *Gobierno Regional Huánuco - Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente*, 1(1), 118.
- Fernández, A., y Croise, L. (1990). Evaluación de trampas adhesivas de diferentes colores en la atracción de *Thrips tabaci* Lindeman (Thysanoptera: Thripidae). *Agronomía Tropical*, 40(4-6), 309–315.
- González, H., Méndez, A., Valle, A., y González – Ríos, M. (1999). Selección de trampas de color y fluctuación poblacional de Trips del Aguacate en Michoacán. *Revista Chapingo, Serie Horticultura*, 5, 287–290.
- Galindo Cuervo, A. M. (2013). *Visión en Lucilia sericata (Meigen, 1826) (Diptera: Calliphoridae): experimentos comportamentales y electrofisiológicos*. Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias.

- Gállego, J. B. (2007). *Manual de Parasitología. Morfología y biología de los parásitos de interés sanitario*. Barcelona, España: Publicacions i Edicions de la Universitat de Barcelona.
- Gobierno Regional Huánuco. (2017). *P.I.P. Manejo Integrado de Simúlidos en la Ciudad de Huánuco y Alrededores*.
- Harwood, R., & James, M. (1987). *Entomología médica y veterinaria*. México CDMX, México: Limusa, S.A.
- Ibáñez-Bernal, S., y Coscarón, S. (1996). Simuliidae. *Biodiversidad taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*, 37, 579–589.
- Imprenta & Editorial Página3 SAC. (2015, octubre 7). Evalúan reactivar laboratorio para control biológico de simúlidos. *Página3*. Recuperado de <http://pagina3.pe>
- Kogan, M. (1998). Integrated Pest Management: Historical Perspectives and Contemporary Developments. *Annual Review of Entomology*, 43(1), 243–270. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.43.1.243>
- Libertad Digital. (2011, 8 agosto). Los mosquitos son atraídos por el dióxido de carbono de la respiración. Recuperado 15 febrero, 2020, de <https://www.libertaddigital.com/ciencia/2011-08-08/los-mosquitos-son-atraididos-por-el-dioxido-de-carbono-de-la-respiracion-1276432022/>
- Llop, E., Valdés-Dapena, M. A., y Suazo, J. (Eds.). (2001). *Microbiología y Parasitología Médicas. Tomo III*. La Habana, Cuba: Ciencias Médicas.

- Modo de acción del insecticida biológico *Bacillus thuringiensis*. (2019, septiembre 20). Recuperado de <https://higieneambiental.com/productos-biocidas-y-equipos/modo-de-accion-del-insecticida-biologico-bacillus-thuringiensis>.
- Monje, C. A. (2011). *Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa; guía didáctica*. Huila, Colombia: Universidad Surcolombiana, Facultad de Ciencias Sociales y Humanas.
- Oncocercosis. (2019, 15 junio). Recuperado 15 febrero, 2020, de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/onchocerciasis>.
- Organización Panamericana de la Salud. (2019). *Evaluación de las estrategias innovadoras para el control de Aedes aegypti: desafíos para su introducción y evaluación del impacto*. Washington, D.C.: Organización Mundial de la Salud.
- Premlatha, K., y J. Rajangan. 2011. Efficacy of Yellow Sticky Traps Against greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Aleyrodidae: Hemiptera) in Gerbera. *Journal of Biopesticide* 4(2): 208-210.
- Rodriguez A., W. (2011). *Guía de investigación científica*. Lima, Perú: Universidad de Ciencias y Humanidades.
- Ríos Varillas, C. (2012). *Estadística y diseño de experimentos*. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería - Editorial Universitaria.
- Ruiz, I. (2012). *Biología y ecología de simúlidos*. Zaragoza, España: Facultad de Veterinaria - Universidad de Zaragoza.

- Ruiz-Arrondo, I., y Alarcón-Elbal, P. M. (2014). Expansión de los Simúlidos (Diptera: Simuliidae) en España: Un nuevo reto para la salud pública y la sanidad animal. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa (S.E.A.)*, 54, 193-200.
- Salomón, O. (2008). Artrópodos de interés médico en Argentina. *Serie Enfermedades Transmisibles*, (6), 120.
- Santisteban, J., y Dale, W. (2004). *Diagnóstico y control de simúlidos en la ciudad de Huánuco*. Huánuco, Perú: UNALM - DESA HUANUCO.
- Shen, B. B., y Ren, S. X. (2003). Yellow card traps and its effects on population of *Bemisia tabaci*. *Journal of South China Agricultural University (Natural Sciences Edition)*, 24(4), 40–43.
- SPDE. (2011). *Expediente técnico del proyecto: Manejo integrado de simúlidos en la ciudad de Huánuco y alrededores*. Huánuco, Perú: Gobierno Regional Huánuco.
- Tam, J., Vera, G., y Oliveros, R. (2008). Tipos, métodos y estrategias de investigación. *Pensamiento y Acción; Escuela de Posgrado de la Universidad Ricardo Palma*, 5, 145–154.
- Taxonomía simúlidos | Proyecto Simúlidos. (2018, mayo 17). Recuperado de <https://www.simulidos.cl/jerjeles/taxonomia/>
- Toro, H., Chiappa, E., y Tobar, C. (2009). *Biología de Insectos*. Valparaíso, Chile: Ediciones Universitarias de Valparaíso, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.
- Troyo-Diéguez, E., Servín-Villegas, R., Loya-Ramírez, J. G., y García-Hernández, J. L. (2006). Planeación y organización del muestreo y

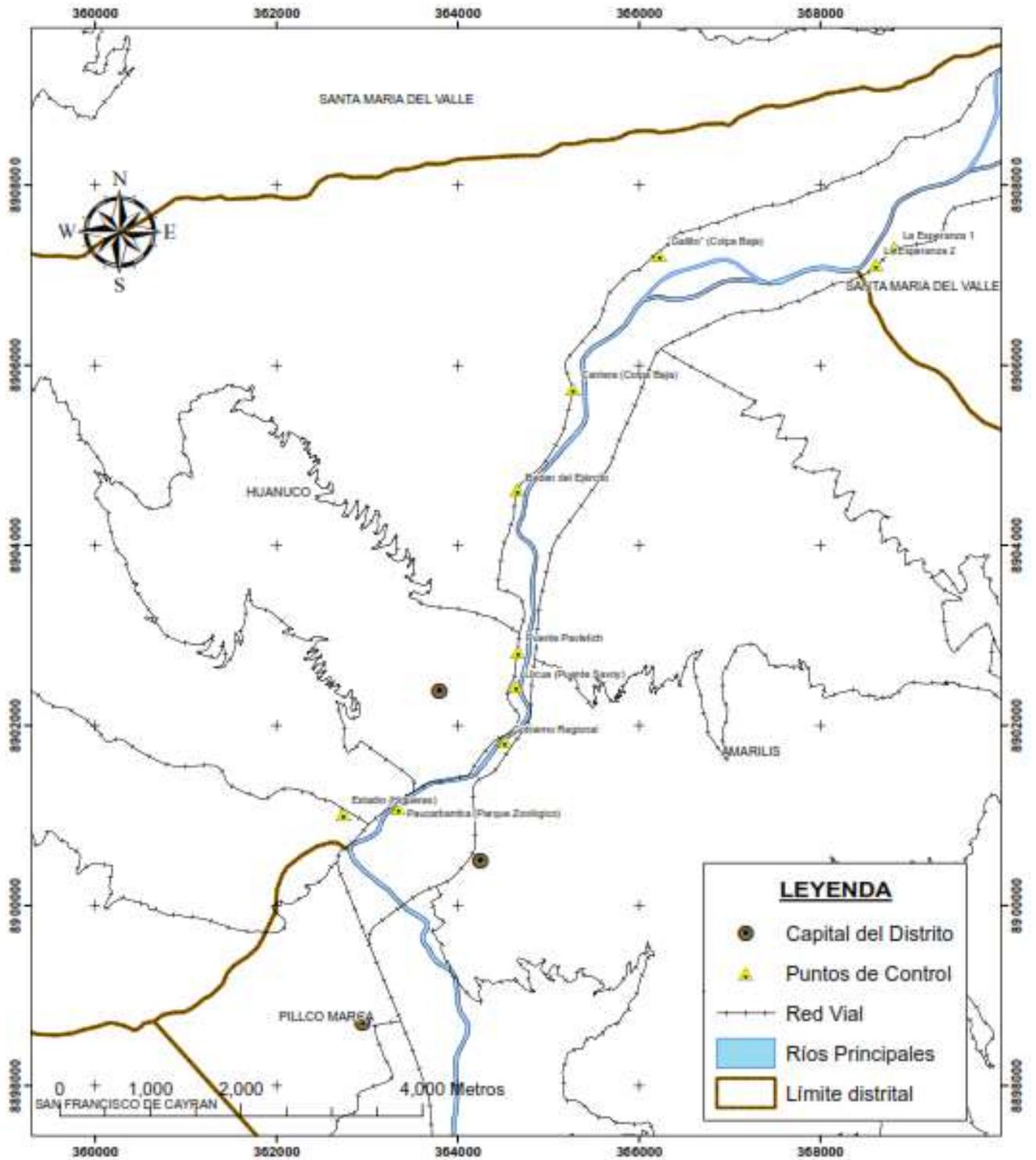
- manejo integrado de plagas en agroecosistemas con un enfoque de agricultura sostenible. *Universidad y Ciencia*, 22(2), 191–203.
- Udayagiri, S., Mason, C. E., y Pesek, J. D. (1997). *Coleomagilla maculata*, *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae), (*Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae), and *Macrocentus grandii* (Hymenoptera: Braconidae) trapped on colored sticky traps in corn habitats. *Environmental Entomology*, 26, 983–988.
- UNALM - CEPID. (2008). *Estudio de prefactibilidad del proyecto: Manejo integrado de simúlidos en la ciudad de Huánuco y alrededores*. Huánuco, Perú: Gobierno Regional Huánuco.
- Universidad de La Rioja, y Pérez, I. (2000). Fundamentos teóricos del manejo integrado de plagas. *Entomología aplicada*, 27, 127-133.
- Villacide, J., y Masciocchi, M. (2014). “Jejenes”. *Serie de divulgación sobre insectos de importancia ecológica, económica y sanitaria*, (9), 1–4.
- Villavicencio, P., & Chávez, J. T. (2020). Sistema de optimización para la producción de un bioinsecticida UNHEVAL-2019. *Revista de Ingeniería e Innovación*, 1(2).
- Vitta, N., y Estay, P. (2017). Programa de Control de Simúlidos Hematófagos en la Provincia de Arica. *Boletín INIA*, (344), 15–78.
- World Health Organization. (2016, Noviembre 9). ¿Puede el control de los mosquitos detener la transmisión del virus de Zika? Recuperado 15 de abril de 2020, de <https://www.who.int/emergencias/zika-virus/articles/mosquito-control/es/>

ANEXOS

Anexo 01. Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
¿El color de trampa determina la cantidad de simúlidos a capturar en la ciudad de Huánuco y alrededores?	GENERAL	Existen diferencias significativas entre los colores de trampas para la captura de simúlidos en la ciudad de Huánuco y alrededores.	INDEPENDIENTES	Control etológico de Plagas	<ul style="list-style-type: none"> • Trampa Azul • Trampa Amarilla • Trampa Negra 	<p>1. TIPO DE INVESTIGACIÓN La investigación es de tipo Cuantitativa.</p> <p>2. ENFOQUE El enfoque utilizado fue Cuantitativo.</p> <p>3. ALCANCE O NIVEL El nivel de investigación fue Explicativo</p> <p>4. DISEÑO La investigación fue Experimental Esquema del diseño:</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;"> <p>Donde: M : Cantidad de simúlidos capturados O_x : Observación de la variable independiente x Color de la trampa adhesiva O_y : Observación de la variable dependiente y Simúlidos capturados por cada color de trampa. ↓ : Influencia de la variable independiente sobre la variable dependiente</p> </div> <p>POBLACIÓN Simúlidos capturados</p> <p>MUESTRA 300 trampas adhesivas</p> <p>TÉCNICAS E INSTRUMENTOS a) <u>Fichaje</u> Instrumentos: <ul style="list-style-type: none"> • Fichas de Recolección de Información de Campo b) <u>Materiales y Equipos</u> <ul style="list-style-type: none"> • Trampas de 21 x 30 cm., de tres colores: Amarillas, azules y negras, Aceite vegetal, Estereoscopio c) <u>Procesamiento de Datos</u> Instrumentos: Microsoft Excel 2013, SPSS ver.24</p>
	Comparar tres colores de trampas adhesivas para la captura de simúlidos en la ciudad de Huánuco y alrededores, en el año 2014		Color de la trampa adhesiva.			
	ESPECÍFICOS		DEPENDIENTES	Técnicas de Muestreo y Conteo de insectos	Cantidad de simúlidos capturados por cada color de trampa	
	Determinar las diferencias significativas entre los colores de trampa para la captura de simúlidos.		Simúlidos capturados.			
Identificar el color de trampa que capture el mayor número de simúlidos.						

Anexo 03. Plano de ubicación del proyecto

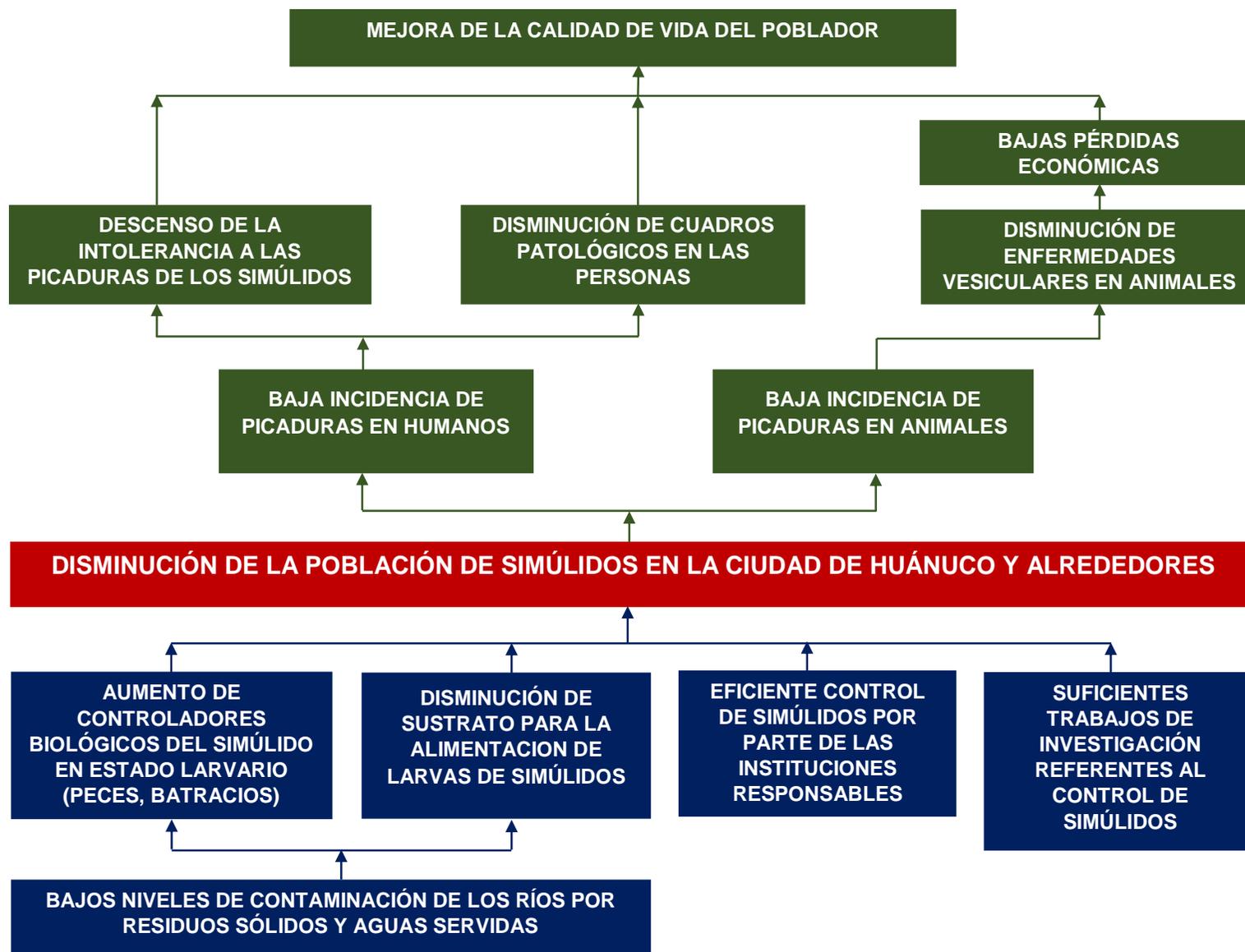


 <p>UNIVERSIDAD DE HUANUCO Tesis: "USO DE TRAMPAS AZULES, AMARILLAS Y NEGRAS EN LA CAPTURA DE SIMULIDOS (<i>Simulium</i> sp.) EN LA CIUDAD DE HUANUCO"</p>		
"PLANO DE UBICACIÓN DE PUNTOS DE CONTROL"		
REVISADO: Ing. René Calderín Tito	DATUM: -Proyección: UTM -Zona 18 Sur -Datum Horizontal: WGS 84 -Datum Vertical: Nivel medio del mar	MAPA N° PC 02
APROBADO: Ing. René Calderín Tito	FUENTE: - Límites referenciales - Mapa Base	
ESCALA: 1:40,000		
FECHA: Mayo 2020		

Anexo 04. Árbol de problemas (Causas y efectos)



Anexo 05. Árbol de objetivos (Medios y fines)



Anexo 06. Evidencias fotográficas



Foto 1. Georeferenciación del Punto de Control 2



Foto 2. Lugar con enjambre de simúlidos



Foto 3. Georeferenciación del Punto de Control 4



Foto 4. Georeferenciación del Punto de Control 7



Foto 5. Georeferenciación del Punto de Control 8



Foto 6. Georeferenciación del Punto de Control 9



Foto 7. Instalación de la trampa en el Punto 1



Foto 8. Trampas de plástico listas



Foto 9. Colocación de las Trampas en las bases



Foto 10. Preparación de las Trampas de plástico



Foto 11. Confección de las Bases de las Trampas



Foto 12. Confección de las Bases de las Trampas



Foto 13. Instalación de la trampa en el Punto 8



Foto 14. Instalación de la trampa en el Punto 5



Foto 15. Instalación de la trampa en el Punto 9



Foto 16. Instalación de la trampa en el Punto 10



Foto 17. Aplicación de Aceite en el Punto 3



Foto 18. Aplicación de aceite en el Punto 4



Foto 19. Dejando expedita la trampa en el Punto 2



Foto 20. Aplicación de aceite en el Punto 6



Foto 21. Coordinación con los pobladores para el cuidado de las trampas



Foto 22. Trampa instalada totalmente



Foto 23. Estereoscopio para el conteo de los simúlidos



Foto 24. Coordinación con los pobladores para el cuidado de las trampas

FICHA N° 01 COLOR DE TRAMPA : AMARILLO

PUNTO DE CONTROL	CANTIDAD DE SIMULIDOS (Por fecha)										Sub Total
	02/07/07	12/07	19/07	26/07	02/08	16/08	23/08	30/08	06/09	13/09	
1	319	293	306	327	282	301	287	305	297	296	
2	340	331	302	322	336	327	288	304	307	269	
3	313	292	306	303	274	287	321	315	278	295	
4	322	328	347	317	312	330	314	295	342	307	
5	299	276	304	287	304	269	281	291	265	263	
6	275	271	252	225	284	302	309	281	272	260	
7	304	307	293	319	311	296	286	301	292	309	
8	251	276	305	298	257	277	290	285	273	284	
9	320	304	209	297	302	288	271	266	285	296	
10	359	383	372	377	381	376	327	375	363	374	
TOTAL											

Foto 25. Ficha de Recolección de datos para la trampa de color Amarillo

FICHA N° 02 COLOR DE TRAMPA : AZUL

PUNTO DE CONTROL	CANTIDAD DE SIMULIDOS (Por fecha)										Sub Total
	02/07	12/07	19/07	26/07	02/08	16/08	23/08	30/08	06/09	13/09	
1	149	132	140	109	155	141	129	126	122	142	
2	157	192	147	168	138	143	159	148	155	146	
3	135	143	111	115	132	122	127	134	102	120	
4	109	115	120	107	104	122	123	110	118	98	
5	88	103	84	117	125	118	74	82	92	110	
6	71	75	86	71	67	71	90	98	91	101	
7	114	110	105	103	97	112	94	112	105	115	
8	85	74	67	86	94	76	72	83	79	81	
9	110	116	139	97	152	140	134	114	115	121	
10	145	162	137	118	126	155	147	133	122	126	
TOTAL											

Foto 26. Ficha de Recolección de datos para la trampa de color Azul

FICHA N° 03 COLOR DE TRAMPA : NEGRO

PUNTO DE CONTROL	CANTIDAD DE SIMULIDOS (Por fecha)										Sub Total
	03/07	12/07	19/07	26/07	02/08	16/08	23/08	30/08	06/09	13/09	
1	26	22	31	15	24	21	13	15	27	25	
2	14	19	23	22	20	29	33	21	18	25	
3	13	10	16	15	21	18	11	22	12	19	
4	9	14	11	16	19	13	20	17	9	18	
5	22	17	24	13	16	11	19	12	20	12	
6	36	29	23	34	32	22	24	13	27	20	
7	21	23	19	31	22	18	25	20	30	22	
8	11	15	7	13	20	11	18	26	19	15	
9	34	36	27	18	23	15	21	17	24	20	
10	28	21	30	21	25	31	34	21	27	22	
TOTAL											

Foto 27. Ficha de Recolección de datos para la trampa de color Negro