

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



FACTORES AMBIENTALES Y DISTRIBUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) EN TINGO MARÍA, 2015 – 2019

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTADO POR:

MARTÍN EDUARDO CRISPIN SÁNCHEZ

Asesor:

Blgo. M. Sc. JOSÉ LUIS GIL BACILIO

Tingo María - Perú

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María – Perú

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 038-2022-FRNR-UNAS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 15 de setiembre del 2022, a horas 6:00 p.m. a través de la plataforma virtual Ms Teams de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la Tesis titulada:

**“FACTORES AMBIENTALES Y DISTRIBUCIÓN ESPACIO
TEMPORAL DE *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762)
EN TINGO MARÍA, 2015 – 2019”**

Presentado por el Bachiller: **CRISPIN SANCHEZ, Martin Eduardo**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **“EXCELENTE”**

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título de **INGENIERO AMBIENTAL**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título correspondiente.

Tingo María, 04 de octubre del 2022

Dr. CHUQUILÍN BUSTAMANTE, EDILBERTO
PRESIDENTE

Blga. MORILLO ALVA, MARIELA LUZ
MIEMBRO



Ing. M. Sc. ZAVALA GUERRERO, SANDRA LORENA
MIEMBRO

Blgo. M. Sc. GIL BAGLIO, JOSÉ LUIS
ASESOR

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



FACTORES AMBIENTALES Y DISTRIBUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) EN TINGO MARÍA, 2015 – 2019

Autor : Crispin Sánchez, Martín Eduardo

Asesor : Blgo. M. Sc. GIL BACILIO, José Luis



Programa de Investigación : Etnobiología

Línea de Investigación : Biodiversidad

Eje temático de Investigación : Etnobotánica, entomología, etnoecología

Lugar de ejecución : Tingo María

Duración del Trabajo **Fecha de inicio** : 20/05/2021

Termino : 20/11/2021

Financiamiento : S/. 3597.50

FEDU : NO

Propios : SI

Otros : NO



Tingo María - Perú

Agosto, 2022

DEDICATORIA

A Dios, por darme la serenidad para aceptar las cosas que no puedo cambiar, el valor para cambiar las que sí; y la sabiduría para diferenciarlos.

A mis padres, Martín Fausto y Enma Rufina por su sacrificio, amor incondicional y motivación para con mi formación personal y profesional.

A mis hermanos: Danilo, Marco, Lizbeth, Erick, Edwin y Ángelo quienes siempre serán parte de mí en donde me encuentre.

A mi primo Cesar (Gavilán), quién me enseñó que una vida sin reflexión es una vida efímera.

“Si puedes con ello, puedes lograrlo”.

AGRADECIMIENTO

- A la **Universidad Nacional Agraria de la Selva**, mi Alma Mater, por albergarme en sus aulas durante mi formación profesional.
- A la **Facultad de Recursos Naturales y Renovables**, y a los docentes de la **Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental**, quienes me brindaron sus conocimientos y contribuyeron en el desarrollo de mi carrera profesional.
- A la **Tuna de la Universidad Nacional Agraria de la Selva**, por convertir mi vida universitaria en una experiencia perdurable.
- Al **Blgo. M. Sc. José Luis Gil Bacilio**, asesor de esta investigación, por su confianza, colaboración y orientación que me brindo durante la ejecución del presente estudio.
- A los miembros del jurado de tesis: **Dr. Edilberto Chuquilin Bustamante**, **Blga. Mariela Luz Morillo Alva** y la **Ing. M. Sc. Sandra Lorena Zavala Guerrero**; por sus recomendaciones y oportunas sugerencias.
- Al **Área de Salud Ambiental de la Red de Salud Leoncio Prado**, por brindarme todas las facilidades necesarias para la ejecución de la investigación.
- A mis hermanos **Edwin y Erick Crispin Sánchez** por brindarme su apoyo durante la ejecución de la investigación.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivo general.....	2
1.1.1. Objetivos específicos	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Antecedentes	3
2.1.1. A nivel internacional	3
2.1.2. A nivel nacional	4
2.1.3. A nivel local	6
2.2. Marco normativo.....	6
2.3. Características generales de <i>Aedes aegypti</i>	7
2.3.1. Clasificación taxonómica	7
2.3.2. Ecología de <i>Aedes aegypti</i>	7
2.4. Arbovirus transmitidos por el vector <i>Aedes aegypti</i>	9
2.5. Distribución espacio-temporal de <i>Aedes aegypti</i>	10
2.5.1. Índices entomológicos de <i>Aedes aegypti</i>	10
2.5.2. Estratificación del riesgo entomológico.....	11
2.6. Factores ambientales asociados al <i>Aedes aegypti</i>	11
2.6.1. Temperatura	12
2.6.2. Precipitación.....	12
2.6.3. Humedad relativa	12
2.7. Influencia de las variables ambientales en la distribución de <i>Aedes aegypti</i> . 12	
III. MATERIALES Y MÉTODOS	14
3.1. Lugar de ejecución.....	14
3.1.1. Ubicación política	14
3.1.2. Ubicación geográfica	14

3.1.3. Aspectos ambientales de Tingo María	15
3.2. Materiales y equipos	15
3.2.1. Materiales	15
3.2.2. Equipos.....	15
3.2.3. Programas.....	15
3.3. Metodología	15
3.3.1. Tipo y nivel de investigación	15
3.3.2. Población y muestra	16
3.3.3. Variables de estudio	16
3.3.4. Diseño de investigación	17
3.3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de información.....	18
3.3.6. Determinación de la variación temporal de los índices entomológicos de <i>Aedes aegypti</i> y los factores ambientales en Tingo María.....	18
3.3.7. Identificación de la distribución espacio-temporal del <i>Aedes aegypti</i> en Tingo María.....	23
3.3.8. Estimación de la correlación entre la temperatura, precipitación y humedad relativa y la distribución espacio-temporal de <i>Aedes aegypti</i>	24
3.3.9. Análisis estadístico.....	25
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
4.1. Determinación de la variación temporal de los índices entomológicos de <i>Aedes aegypti</i> y los factores ambientales en Tingo María	32
4.1.1. Variación temporal de los índices entomológicos	32
4.1.2. Variación de los factores ambientales.....	38
4.2. Identificación de la distribución espacio-temporal de <i>Aedes aegypti</i> en Tingo María.....	41
4.3. Estimación de la correlación entre la temperatura, precipitación, humedad relativa y la distribución espacio-temporal de <i>A. aegypti</i>	44

4.3.1. Modelo de regresión lineal múltiple del Índice Aédico	44
4.3.2. Modelo de regresión lineal múltiple del Índice de Breteau	47
4.3.3. Modelo de regresión lineal múltiple del Índice de Recipiente.....	48
4.3.4. Modelo de regresión lineal múltiple del Índice de Ovitrapas Positivas	50
4.3.5. Modelo de regresión lineal múltiple del Índice de Densidad de Huevos.....	52
4.3.6. Validación de los modelos ajustados para los índices entomológicos	54
V. CONCLUSIONES	61
VI. PROPUESTAS A FUTURO	62
VII. REFERENCIAS	63
ANEXOS	69
Apéndice 1. Cuadros y documentos	70
Apéndice 2. Galería de fotos	105

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Tipos de clima según el índice de Emberger	20
2. Tipos de zona según el índice de aridez de Lang.....	20
3. Tipos de zona según el índice de aridez de Martonne	21
4. Tipos de clima según el índice de continentalidad de Gorezynski y Currey	22
5. Niveles de riesgo entomológico según el Índice Aédico	23
6. Niveles de riesgo entomológico según el número de huevos de <i>Aedes aegypti</i>	23
7. Diseño de análisis de varianza de un factor	27
8. Diseño para la prueba de Tukey HSD.....	28
9. Escala de los coeficientes de correlación	29
10. Tipo de recipientes inspeccionados y positivos en Tingo María, 2015-2019	34
11. Índices climáticos de Tingo María, 2015-2019	41
12. Parámetros y prueba de significancia del modelo ajustado $\hat{I}A_2$	46
13. Parámetros y prueba de significancia del modelo ajustado $\hat{I}B_2$	48
14. Parámetros y prueba de significancia del modelo ajustado $\hat{I}R_2$	50
15. Parámetros y prueba de significancia del modelo ajustado $\hat{I}OP_2$	52
16. Parámetros y prueba de significancia del modelo ajustado $\hat{I}DH_2$	53
17. Supuestos estadísticos para los modelos de regresión lineal múltiple ajustados.	54
18. Número de viviendas inspeccionadas en la localidad de Tingo María.	71
19. Número de ovitrampas instaladas en la localidad de Tingo María.	76
20. Datos de los índices entomológicos imputados	91
21. Índices de ovitrampas imputados.	92
22. Consolidado de los factores ambientales de Tingo María, 2015-2019	93
23. Descriptivos para la Temperatura Máxima (°C) de Tingo María, 2015- 2019	94
24. Descriptivos para la Temperatura Mínima (°C) de Tingo María, 2015- 2019.	95
25. Descriptivos para la Temperatura Media (°C) de Tingo María, 2015- 2019.....	95
26. Descriptivos para la Humedad Relativa (%) de Tingo María, 2015- 2019.....	95

27.	Descriptivos para la Precipitación pluvial (mm) de Tingo María, 2015- 2019	95
28.	Consolidado de los índices entomológicos de Tingo María, 2015-2019.....	96
29.	Descriptivos para el Índice Aédico de Tingo María, 2015- 2019.....	97
30.	Descriptivos para el Índice de Breteau de Tingo María, 2015- 2019.....	98
31.	Descriptivos para el Índice de Recipiente de Tingo María, 2015- 2019.....	98
32.	Descriptivos para el Índice de Ovitrapas Positivas de Tingo María, 2016- 2018...	98
33.	Descriptivos para el Índice de Densidad de Huevos de Tingo María, 2016- 2018...	98
34.	ANOVA para el Índice Aédico del periodo 2015-2019	98
35.	ANOVA para el Índice de Breteau del periodo 2015-2019.....	99
36.	ANOVA para el Índice de Recipiente del periodo 2015-2019	99
37.	ANOVA para el Índice de Ovitrapas Positivas del periodo 2016-2018	99
38.	ANOVA para el Índice de Densidad de Huevos del periodo 2016-2018	99
39.	Supuestos estadísticos para los índices entomológicos.....	100
40.	Coeficientes de correlación y determinación del IA y los factores ambientales.....	100
41.	Estimadores del modelo para el Índice Aédico.....	101
42.	Coeficientes de correlación y determinación del IB y los factores ambientales.....	101
43.	Estimadores del modelo para el Índice de Breteau	101
44.	Coeficientes de correlación y determinación del IR y los factores ambientales.....	101
45.	Estimadores del modelo para el Índice de Recipiente	102
46.	Coeficientes de correlación y determinación del IOP y los factores ambientales ...	102
47.	Estimadores del modelo para el Índice de Ovitrapas Positivas	102
48.	Coeficientes de correlación y determinación del IDH y los factores ambientales...	102
49.	Estimadores del modelo para el Índice de Densidad de Huevos	103
50.	Supuestos estadísticos para los modelos de regresión lineal múltiple	103
51.	ANOVA del modelo ajustado para el Índice Aédico.....	103
52.	ANOVA del modelo ajustado para el Índice de Breteau	103
53.	ANOVA del modelo ajustado para el Índice de Recipiente	104
54.	ANOVA del modelo ajustado para el Índice de Ovitrapas Positivas	104
55.	ANOVA del modelo ajustado para el Índice de Densidad de Huevos	104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Ciclo de vida de <i>Aedes aegypti</i> (Chanampa <i>et al.</i> , 2019)	8
2. Mapa de ubicación de la ciudad de Tingo María	14
3. Índice Aédico anual de la Localidad de Tingo María, 2015-2019.....	32
4. Índice de Breteau anual de la Localidad de Tingo María, 2015-2019.....	33
5. Índice de Recipiente anual de la Localidad de Tingo María, 2015-2019	35
6. Índice de Ovitrampas Positivas anual de la Localidad de Tingo María, 2016-2018.	36
7. Índice de Densidad de Huevos anual de la Localidad de Tingo María, 2016-2018. .	37
8. Diagramas de Walter-Lieth para la localidad de Tingo María, 2015-2019	39
9. Humedad relativa de la localidad de Tingo María, periodo 2015-2019	40
10. Mapas de Riesgo Entomológico por Índice Aédico de Tingo María, 2015-2019	42
11. Mapas de Riesgo Entomológico por Ovitrampas de Tingo María, 2016-2018	44
12. Matriz de correlación entre el Índice Aédico y los factores ambientales de Tingo María.....	45
13. Matriz de correlación entre el Índice de Breteau y los factores ambientales.....	47
14. Matriz de correlación entre el Índice de Recipiente y los factores ambientales	49
15. Matriz de correlación del Índice de Ovitrampas Positivas y factores ambientales de Tingo María.....	51
16. Matriz de correlación entre el Índice de Densidad de Huevos y los factores ambientales de Tingo María.....	52
17. Diagnóstico del modelo ajustado para el Índice Aédico	55
18. Diagnóstico del modelo ajustado para el Índice de Breteau.	56
19. Diagnóstico del modelo ajustado para el Índice de Recipiente.....	57
20. Diagnóstico del modelo ajustado para el Índice de Ovitrampas Positivas.....	58
21. Diagnóstico del modelo ajustado del Índice de Densidad de Huevos.	59
22. Selección de viviendas y conteo por intervalo k (MINSa, 2015b).	72
23. Secuencia de visita de una vivienda para inspección (MINSa, 2015).	74

24. Identificación de datos faltantes en el consolidado de vigilancia por inspección de viviendas de Tingo María.....	90
25. Patrón de datos faltantes del consolidado de vigilancia por inspección de viviendas de Tingo María.....	90
26. Identificación de datos faltantes en el consolidado de vigilancia por ovitrampas de Tingo María.....	91
27. Patrón de datos faltantes del consolidado de vigilancia por ovitrampas de Tingo María.....	92
28. Visita a la Red de Salud de Leoncio Prado.....	105
29. Visita al Área de Salud Ambiental - Vectores.....	105
30. Acompañamiento a la brigada de la Red de Salud Leoncio Prado en la vigilancia entomológica del Sector I.....	106
31. Jefe de brigada concientizando al propietario de la vivienda inspeccionada.....	106
32. Jefe de brigada en inspección indirecta de las actividades de vigilancia.....	107
33. Inspección de llantas con agua acumulada en el Sector I.....	107
34. Inspección de tanque bajo de una vivienda del Sector VI.....	108
35. Inspección de ladrillos con agua acumulada de una vivienda del Sector VI.....	108
36. Recolección de muestras extraídas de ladrillos con agua acumulada.....	109
37. Recolección de muestras extraídas de una maceta con agua acumulada.....	109
38. Larvas de <i>Aedes aegypti</i> encontradas en llantas en desuso.....	110
39. Larvas de <i>Aedes aegypti</i> recolectados en viales.....	110
40. Viales con larvas y pupas de <i>A. aegypti</i> encontrados en la vigilancia entomológica del Sector I.....	111
41. Aplicación de larvicidas (piriproxifen) en tanque bajo.....	111
42. Inscripción de la señalética al culminar la inspección.....	112
43. Formato de inspección utilizado en la vigilancia de <i>A. aegypti</i>	112
44. Preparación del líquido atrayente de las ovitrampas.....	113
45. Adecuación e instalación de ovitrampas en el Sector I.....	113
46. Huevos de <i>Aedes aegypti</i> atrapados en la ovitrampa N°05 del Sector V.....	114
47. Garita meteorológica de la Estación Principal Tingo María-UNAS (CP).....	114

48. Pluviómetro de 64 ml de la Estación Principal Tingo María-UNAS (CP)	115
49. Medición de precipitación acumulada en el pluviómetro	115
50. Estación automática (HOBO) de la Estación Principal Tingo María-UNAS (CP)..	116
51. Gabinete de la Estación Principal Tingo María-UNAS (CP)	116

RESUMEN

Aedes aegypti por su distribución espacio-temporal y los arbovirus que transmiten son un peligro para la salud; en consecuencia, es importante conocer el nivel de asociación entre factores ambientales e índices entomológicos. La investigación consistió en evaluar la correlación entre los factores ambientales y la distribución espacio-temporal de *Aedes aegypti* en Tingo María, 2015-2019. El estudio tuvo un diseño correlacional donde los índices entomológicos: Índice Aédico (IA), Índice de Breteau (IB), Índice de Recipiente (IR), Índice de Densidad de Huevos (IDH) e Índice de Ovitrampas Positivas (IOP); y los factores ambientales: temperatura, precipitación y humedad relativa fueron evaluados mediante el ANOVA, diagramas de Walter-Lieth, mapas de riesgo entomológico, correlación de Pearson y Regresión Lineal Múltiple. Durante el periodo 2015-2019 hubo diferencias estadísticas muy significativas ($p < 0,01$) en el IA e IB, y significativas ($p < 0,05$) en el IR e IDH; ocurrieron estaciones secas entre los meses de junio a septiembre y estaciones húmedas el resto de meses con temperaturas medias y humedad relativa regulares, y amplitud térmica propia del clima tropical; y la distribución espacio-temporal de *A. aegypti* presentó IA mayores al 2% y más de 150 huevos en los seis sectores epidemiológicos. Asimismo, la temperatura mínima ($R=0,39$) y humedad relativa ($R=0,41$) presentaron correlación positiva débil ($p < 0,01$) con el IA, IB, IR e IDH, y explicaron sus valores mediante los modelos ajustados \widehat{IA}_2 , \widehat{IB}_2 e \widehat{IR}_2 . Se concluye que durante el periodo 2015-2019 en Tingo María hubo variación temporal significativa del IA, IB, IR e IDH; estaciones secas y húmedas muy marcadas; y la distribución del vector presentó riesgo entomológico Alto y Muy Alto. Además, la temperatura mínima y humedad relativa tuvieron mayor correlación con los índices entomológicos y explicaron sus valores en los modelos ajustados.

Palabras clave: índices entomológicos, riesgo entomológico, modelos ajustados.

ABSTRACT

Aedes aegypti, because of their spatio-temporal distribution and the arboviruses they transmit, are a health hazard; consequently, it is important to know the level of association between environmental factors and entomological indices. The research consisted of evaluating the correlation between environmental factors and the spatio-temporal distribution of *Aedes aegypti* in Tingo Maria, 2015-2019. The study had a correlational design where the entomological indices: Aedes Index (AI), Breteau Index (IB), Vessel Index (IR), Egg Density Index (IDH) and Positive Ovitrap Index (IOP), and the environmental factors: temperature, precipitation and relative humidity were evaluated using ANOVA, Walter-Lieth diagrams, entomological risk maps, Pearson correlation and Multiple Linear Regression. During the period 2015-2019 there were highly significant statistical differences ($p < 0.01$) in IA and IB, and significant ($p < 0.05$) in IR and IDH; dry seasons occurred between the months of June to September and wet seasons the rest of the months with regular mean temperatures and relative humidity, and thermal amplitude typical of tropical climate; and the spatio-temporal distribution of *A. aegypti* presented IA greater than 2% and more than 150 eggs in the six epidemiological sectors. Likewise, minimum temperature ($R=0.39$) and relative humidity ($R=0.41$) presented weak positive correlation ($p < 0.01$) with IA, IB, IR and IDH, and explained their values by the adjusted models \widehat{IA}_2 , \widehat{IB}_2 e \widehat{IR}_2 . It is concluded that in Tingo Maria there was significant temporal variance of IA, IB, IR and IDH; very marked dry and wet seasons; and the vector distribution presented High and Very High entomological risk. Also, minimum temperature and relative humidity were more highly correlated with the entomological indices and explained their values in the adjusted models.

Key words: entomological indices, entomological risk, adjusted models.

I. INTRODUCCIÓN

Aedes aegypti (Linnaeus, 1762) es una especie de mosquito perteneciente a la familia Culicidae con distribución predominante en zonas urbanas, convirtiéndose en un importante problema de salud pública debido a la transmisión de arbovirus como el dengue, zika y chikungunya. Este vector tiene como probable origen el África sub-sahariana de donde inicialmente se dispersó, en recipientes de agua de barcos esclavistas, hacia las regiones tropicales y templadas alrededor del planeta. En consecuencia, en el continente Americano, la distribución espacial de *Aedes aegypti* iniciaría desde centro América hacia los países que comparten las latitudes tropicales y subtropicales entre los 45°N y 36.6°S (Powell y Tabachnick, 2013; Chanampa *et al.*, 2019).

En el Perú, *Aedes aegypti* tiene mayor distribución y persistencia en las regiones selváticas como Loreto, Ucayali, Madre de Dios, San Martín y Huánuco, regiones en las que no se encuentran factores ambientales limitantes como bajas temperaturas, poca precipitación pluvial y altitudes mayores a los 1700 m.s.n.m. que retrasan la introducción y el establecimiento del vector (Requena-Zúñiga *et al.*, 2016). A nivel de la región Huánuco, en el año 2015 el Laboratorio de Entomología del Instituto Nacional de Salud confirmó la presencia de *Aedes aegypti* en los distritos de Churubamba y Pillco Marca, siendo los sitios de mayor altitud (1900 m.s.n.m.) en la distribución espacial del artrópodo (Requena-Zúñiga *et al.*, 2016). Sin embargo, la distribución del vector *Aedes aegypti* en la región Huánuco data de años atrás, encontrándose principalmente en las ciudades de la selva como Tingo María, Puerto Inca y Aucayacu, con características climáticas y ambientales similares.

Por supuesto, en la ciudad de Tingo María al no ser ajena a la presencia de *Aedes aegypti*, la Red de Salud de Leoncio Prado en los últimos años viene implementado el programa de vigilancia de *A. aegypti* mediante la inspección de viviendas e instalación de ovitrampas para poder determinar el nivel de infestación y la variación temporal del vector en los diferentes sectores epidemiológicos. Sin embargo, estas actividades de vigilancia entomológica, que son importantes para el control poblacional del vector, tienen como soporte los índices entomológicos dados por los estadios inmaduros de *A. aegypti*; donde los factores ambientales tales como la temperatura, precipitación y la humedad relativa pueden incidir o estar asociados en la supervivencia de los huevos y las larvas. De esta manera, teniendo en cuenta las singularidades geográficas y variaciones climáticas de cada localidad es importante realizar estudios que nos permitan determinar las características de la influencia de los factores

ambientales y comprender el comportamiento de la distribución espacio-temporal del mosquito *A. aegypti* transmisor de los arbovirus que afectan a la población de la ciudad de Tingo María.

En ese sentido, la ciudad de Tingo María no cuenta con estudios sobre la distribución espacio-temporal de *Aedes aegypti* y los factores ambientales que puedan estar asociados, conocimientos necesarios para contribuir en el desarrollo de nuevas estrategias para la mejora del programa de vigilancia, prevención y control de los riesgos a la salud generados por la presencia del vector *A. aegypti* en beneficio de la población tingualesa. Por lo expuesto antes, en este estudio se ha formulado la siguiente interrogante ¿Qué correlación existe entre los factores ambientales y la distribución espacio-temporal de *A. aegypti* en Tingo María, 2015-2019?, teniendo como hipótesis: Existe una correlación significativa entre los factores ambientales y la distribución espacio-temporal de *A. aegypti* en Tingo María, 2015-2019.

1.1. Objetivo general

Evaluar la correlación entre los factores ambientales y la distribución espacio-temporal de *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) en Tingo María, 2015-2019.

1.1.1. Objetivos específicos

- Determinar la variación temporal de los índices entomológicos de *Aedes aegypti* y los factores ambientales en Tingo María.
- Identificar la distribución espacio-temporal de *Aedes aegypti* en Tingo María.
- Estimar la correlación entre la temperatura, precipitación, humedad relativa y la distribución espacio-temporal de *A. aegypti*.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

2.1.1. A nivel internacional

En los municipios del Carepa y Apartadó, Colombia, Alarcón *et al.* (2014) determinaron que el uso de los índices entomológicos resultantes de la vigilancia de *Aedes aegypti* por ovitrampas, son útiles para el análisis de la distribución espacio-temporal del vector en áreas que presentan factores ambientales propicios para su desarrollo.

En la isla Fernando de Noronha, Brasil, Regis *et al.* (2014) determinaron que la distribución espacio-temporal de *A. aegypti* con un Índice de Ovitrapas Positivas (IOP) del 83,7% e Índice de Densidad de Huevos (IDH) máximos de 297,3 y 295 huevos por ovitrampa; asimismo demostraron la presencia del vector en el área urbana de la isla, donde reportaron una correlación positiva entre el IDH y la precipitación.

Más adelante, Carrasquilla *et al.* (2016) en su estudio realizado en la ciudad de Colón, Panamá, determinaron que la abundancia de *Aedes aegypti* esta influenciada por la temperatura ($R = 0,432$) y humedad relativa ($R = 0,435$), reportando que el riesgo entomológico tiene una correlación baja o moderada con los factores ambientales.

En Cundinamarca, Colombia; Cabezas *et al.* (2017) encontraron que el vector tiene una mayor distribución en las áreas colindantes a los centros urbanos, que los índices entomológicos no pueden reflejar en su totalidad el riesgo de transmisión de los arbovirus y que los factores ambientales como temperatura, precipitación y humedad relativa influyen en la distribución espacio-temporal de *A. aegypti*.

Al mismo tiempo, en la región Costa Grande de Guerrero, México, Balazar (2017) identificó que el 13.3% de las viviendas resultaron positivas a larvas y/o pupas de *Aedes aegypti*, los cuales estuvieron relacionados con los factores de humedad del suelo y el uso de abate en las casas.

Asimismo, en la investigación de Espinoza (2018), realizado en Managua, Honduras, se determinó que la temperatura máxima es inversamente proporcional al índice de infestación del mosquito *Aedes aegypti*, mientras que cuando aumentó la humedad relativa aumentó también el índice de infestación del vector.

Por su parte, Molina (2018) en su estudio en las Islas Galápagos durante en el periodo 2017-2018 determinó que *A. Aegypti* se distribuyó en todas las islas con excepción de la isla Floreana. Además reportó que la abundancia del vector no tiene correlación con la temperatura ($p = 0,07$), precipitación ($p = 0,94$) y humedad relativa ($p = 0,41$).

Además, Márquez *et al.* (2019) señalaron que la humedad relativa y la temperatura tienen influencia en las diferentes etapas del desarrollo de *Aedes aegypti* como la oviposición, además recomiendan realizar estudios de correlación entre los factores ambientales y la distribución de *A. aegypti* para explicar el comportamiento poblacional e implementar medidas de control.

En Sao Paulo, Brasil durante el periodo 2014-2015, Heinisch *et al.* (2019) reportaron un IDH mayor en áreas periféricas al centro urbano, y que los factores ambientales como las temperaturas máximas y mínimas estuvieron asociados significativamente con el IDH.

Por otro lado, en la provincia de Salta, Argentina, Chanampa *et al.* (2019) identificaron la presencia *Aedes aegypti* en las ecorregiones yungas y chaco; sin embargo, hubo una mayor actividad del vector en las yungas, que tienen un clima más húmedo y mayores valores de densidad de vegetación (NDVI), en comparación al chaco. Además, identificaron que la temperatura tiene influencia en la oviposición de *Aedes aegypti* y que las características ambientales a escala regional son más relevantes que a escala local.

En la ciudad de Resistencia, Argentina, Gimenez *et al.* (2020) determinaron el modelo que explica que el IDH de *A. aegypti* aumentó 4,05 veces cuando la temperatura mínima aumentó 1°C y disminuyó 0,69 veces con un aumento de 1 unidad en la humedad relativa. Además, no encontraron un modelo que pueda explicar la relación entre los factores ambientales y el IOP.

2.1.2. A nivel nacional

En el Perú también se han realizado estudios acerca de la relación de los factores ambientales y la distribución de *Aedes aegypti*, entre los cuales se encuentra el de Chávez y Paredes (2011) que determinaron durante el periodo 2007-2009 en el distrito de Belén, Iquitos, el Índice Aédico (IA) no presentó diferencias estadísticas; sin embargo, tuvo una tendencia ascendente, hubo un Alto riesgo entomológico, la precipitación tuvo mayor influencia sobre el Índice Aédico (IA), Índice de Recipiente (IR) e Índice de Breteau (IB).

Asimismo, Sánchez (2012) reportó que en los sectores epidemiológicos del distrito de Villa El Salvador, Lima, no existen diferencias estadísticamente significativas en las medias de los IA mensuales, ni riesgo entomológico.

Entre tanto, en el estudio de Barboza y Ramírez (2015) desarrollado en Iquitos, Loreto, donde se determinó que *Aedes aegypti* presenta un patrón de oviposición espacial y temporal variable, mientras que los índices aélicos presentan patrones espaciales aleatorios y conglomerados.

En Santa Rosa, Loreto, Ríos (2015) reportó un IOP de 2,1 a 20,1% y que *A. aegypti* tiene una correlación positiva baja con la temperatura ($R = 0,32$) y correlación negativa con la precipitación ($R = -0,45$) y humedad relativa ($R = 0,70$).

Además, Requena-Zúñiga *et al.* (2016) señalaron que la distribución espacio-temporal de *A. aegypti* está influenciada tanto por los factores ambientales como las medidas de control químico que crean una resistencia en el vector y facilitan su dispersión a las zonas aledañas a las ciudades del Perú que tienen presencia de este mosquito.

De manera sincrónica, Sánchez (2016) determinó que en el distrito de Villa El Salvador, Lima, *A. aegypti* tuvo preferencia los recipientes de tipo cilindro y llanta para ovipositar; asimismo señaló que la temperatura es importante para la dispersión de *A. aegypti* debido a que el desarrollo de sus larvas suceden entre los 17,1 y 25,5 °C.

Con respecto a la caracterización climática, Dávila (2018) determinó los índices climáticos de la microcuenca Challana, Huánuco, indicando un clima húmedo-per húmedo de grandes bosques con influencia oceánica-continental, asimismo el diagrama ombrotérmico de la microcuenca indicó que la curva de la temperatura se encuentra por debajo de la precipitación y la humedad relativa fue constante en el periodo estudiado.

Por otro lado, en los distritos de Callería y Yarinacocha, Ucayali, Daza (2018) determinó que el IA está más asociado con la precipitación que con la temperatura, indicando que a mayor precipitación mayor IA.

De la misma forma, en el distrito de Callería, Ucayali, Romero (2018) identificó que los factores socio ambientales están asociados a la incidencia de dengue, siendo los factores más importantes la temperatura, el saneamiento y el manejo de residuos sólidos en la distribución espacio-temporal del vector.

En cuanto a la localidad de Huaycan (distrito de Ate), Lima, Mego (2018) identificó que el 28,3% de la población dentro de la jurisdicción el hospital de Huaycán no toman medidas preventivas contra el dengue y que los factores socioculturales y ambientales tienen una relación significativa con el incremento del vector *Aedes aegypti*.

En el distrito de Pillco Marca, Huánuco, Isla (2018) determinó que no existe variación significativa ($p > 0,05$) en los índices entomológicos de *A. aegypti*: IA, IB e IR correspondientes a los años 2016 y 2017.

Además, Soto (2019) en su estudio realizado en ocho distritos de la Red de Salud de Huánuco, identificó que el 2.64% de viviendas de la provincia de Huánuco son positivas al vector *Aedes aegypti*, siendo los más afectados los distritos de Amarilis y Huánuco con alto riesgo entomológico.

2.1.3. A nivel local

En los distritos de Luyando y Rupa Rupa, Huánuco, Agüero y Ramos (2018) identificaron que el conocimiento referente a dengue, el agua acumulada y el tipo de depósito de basura son factores que influyen en la presencia de casos de dengue en los distritos de Luyando (Naranjillo) y Rupa Rupa (Tingo María).

Asimismo, en Tingo María, Huánuco, Jaimes (2018) encontró, en los sectores I y IV, un IA de mediano riesgo entomológico; IOP DE 26,3 y 31,6%; IDH de 50 y 47,4% respectivamente con un riesgo entomológico medio por ovitrampas.

Por último, la Dirección Regional de Salud - Huánuco (DIRESA-Huánuco, 2020) reportó en el distrito de Rupa Rupa 237 casos de dengue confirmados, un IA de 9,05% y 2,4% en los meses de octubre y noviembre del 2020 respectivamente; presentando, según la estratificación del riesgo entomológico, un alto riesgo entomológico, debido a que el IA supera el 2%.

2.2. Marco normativo

- Ley N° 26842 - Ley General de Salud.
- Resolución Ministerial N° 258-2011/MINSA, que aprueba el Documento Técnico: “Política Nacional de Salud Ambiental 2011- 2020”.
- Resolución Ministerial N° 288-2015-MINSA - Norma técnica de salud para la implementación de la vigilancia y control del *Aedes aegypti*, vector del

dengue y la fiebre de Chikungunya y la prevención del ingreso del *Aedes albopictus* en el territorio nacional. Norma Técnica de Salud N° 116-MINSA/DIGESA-V.01.

- Resolución Ministerial N° 836-2020-MINSA - Directiva Sanitaria N° 118-MINSA/2020/DIGESA, Directiva Sanitaria que establece disposiciones para la continuidad de la vigilancia y control vectorial del *Aedes aegypti*, vector de arbovirosis, en el marco de la pandemia por la COVID-19.

2.3. Características generales de *Aedes aegypti*

2.3.1. Clasificación taxonómica

Esta especie de mosquito, según Hiepe *et al.* (2011), presenta la siguiente clasificación taxonómica:

Reino	: Animalia
Phyllum	: Artrópoda
Clase	: Insecta
Orden	: Díptera
Suborden	: Nematóceras
Familia	: Culicidae
Subfamilia	: Culicinae
Género	: <i>Aedes</i>
Subgénero	: <i>Stegomyia</i>
Especie	: <i>Aedes aegypti</i> (Linnaeus, 1762)

2.3.2. Ecología de *Aedes aegypti*

Vezzani y Carbajo (2008), señalan que factores como la presencia de néctar, disponibilidad de sangre y lugares para descanso y ovoposición son los requerimientos del hábitat de *Aedes aegypti*, siendo los ambientes urbanos los que generalmente proveen de estos factores.

2.3.2.1. Ciclo de vida

El ciclo de vida de *Aedes aegypti* se divide en dos fases que comprenden 4 etapas en total (Figura 1), la fase acuática o larval y la fase alada o de adulto, de

acuerdo a los factores abióticos y bióticos su ciclo de vida tarda de 8 a 10 días (Chanampa *et al.*, 2019).

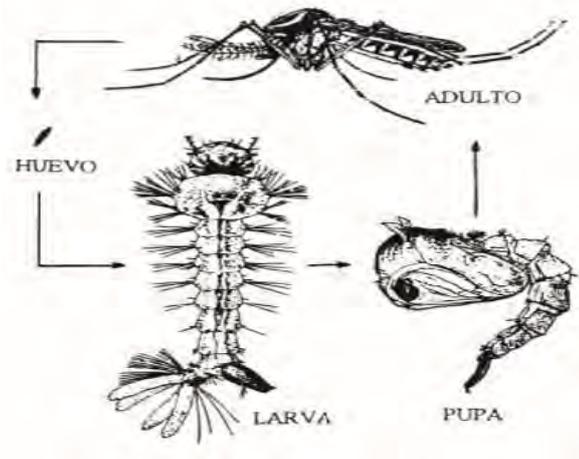


Figura 1. Ciclo de vida de *Aedes aegypti* (Chanampa *et al.*, 2019).

a) Fase acuática

La primera fase se desarrolla en el agua y está comprendida por 3 etapas: huevo, larva, pupa o crisálida. Dura de 5 a 7 días, desde la eclosión hasta la pupación, en condiciones óptimas con una temperatura entre 25°C a 29°C.

Huevo: según Fernández (2009), la hembra ovípara de 100 a 200 huevos por postura, en diferentes recipientes y por encima del nivel del agua. Un huevo tiene 1 mm aproximadamente, es ovalado, blanco y se torna negro al desarrollar el embrión. La etapa dura 48 horas desde la postura a la eclosión, con una humedad y temperatura adecuada o se prolongaría hasta cinco días.

Larva: su crecimiento comprende cuatro estadios, se alimenta de microalgas y protozoarios libres. Su morfología es vermiforme, de 8 mm y posee cabeza, tórax y abdomen. Su locomoción es serpenteante y por fotofobia. Entre 5 a 6 días demora esta etapa (Cabezas, 2005).

Pupa: no se alimenta y tiene como función la transformación de larva a adulto. Flotan en la superficie normalmente; sin embargo, tienen respuesta rápida frente a estímulos gracias a su paleta natatoria. Esta etapa dura de 2 a 3 días (Fernández, 2009).

b) Fase alada o adulta

Tienen una envergadura de 5 mm, color oscuro y manchas plateadas en forma de “lira” al reverso del tórax. Las hembras se diferencian por tener palpos más cortos que la probóscide, abdomen agudo y antenas pilosas y es hematófaga antropofílica; la sangre ingerida cumple una función importante en el proceso reproductivo (Balanzar, 2017).

2.3.2.2. Distribución geográfica y hábitat

Aedes aegypti tuvo como hábitat original el África, particularmente en su selva tropical donde ocupaban los huecos de rocas, árboles y agujeros en bambúes realizados por escarabajos. Posteriormente, *A. aegypti* se dispersó alrededor del mundo gracias a las condiciones óptimas para su cría que encontraban en los recipientes de agua de los barcos esclavistas. Por otro lado, en América el mosquito ha ido adquiriendo hábitos domésticos adaptándose a las aguas claras almacenadas en los domicilios (Fernández, 2009).

Asimismo, Basso (2010) refiere que “*Aedes aegypti* se encuentra distribuido geográficamente en áreas comprendidas entre los 35° Sur y 45° Norte; sin embargo, en el caribe y el continente sudamericano su distribución se ha extendido hasta la isoterma anual de 15°C y a la de 10°C en el mes más frío” (p. 17).

La reintroducción de *Aedes aegypti* en el Perú sucedió en 1984 en ciudades de la Amazonía (Loreto), desde donde se expandió su distribución progresiva a regiones vecinas (San Martín) y hacia la selva central (Dirección General de Salud Ambiental [DIGESA], 2011; como se citó en Sánchez, 2016).

La DIGESA (2011), también señala que *Aedes aegypti* opta por un hábitat peridomiciliario, en donde encuentra recipientes con sombra y agua limpia para ovipositar en sus paredes. Siendo los materiales desechados como botellas, latas o llantas los recipientes más frecuentes y preferidos de *A. aegypti* en lugares con elevada precipitación como en la selva.

2.4. Arbovirus transmitidos por el vector *Aedes aegypti*

Los arbovirus son virus transmitidos por artrópodos hematófagos, en *Aedes aegypti* solo las hembras infectadas transmiten estos virus por picaduras, de preferencia temprano en las mañanas y al iniciar la noche (Basso, 2010).

Además, Fernández (2009) sostiene que *A. aegypti* porta el virus al succionar sangre de un huésped virémico. El mosquito puede transmitir el virus después 10 días en promedio (incubación extrínseca); sin embargo, los síntomas inician de 3 a 7 días posterior a la picadura (incubación intrínseca).

Aedes aegypti es el principal transmisor del Dengue, Chikungunya y Zika, así como también de la Fiebre Amarilla Urbana (Mego, 2018).

- a) **Fiebre amarilla:** es un arbovirus del género *Flavivirus* que causa desde una fiebre leve hasta la muerte con el 50% de letalidad.
- b) **Dengue:** este virus presenta síntomas como el dolor de cabeza, fiebre aguda, erupción cutánea, dolores musculares y articulares.
- c) **Chikungunya:** también es transmitido por *Aedes albopictus* y sus síntomas son similares al dengue, pero duran más tiempo (Vargas *et al.*, 2018).
- d) **Zika:** el 80% de casos son asintomáticos, de lo contrario después de 2 a 7 días presentan exantema, conjuntivitis y fiebre leve (Kantor, 2016).

2.5. Distribución espacio-temporal de *Aedes aegypti*

Según la Norma Técnica de Salud [NTS] N° 116- MINS/DIGESA-V.01 (2015), los Índices entomológicos de *Aedes aegypti* y la estratificación del riesgo entomológico nos proporciona información sobre la distribución espacio-temporal del vector en una localidad con vigilancia vectorial.

2.5.1. Índices entomológicos de *Aedes aegypti*

En la vigilancia entomológica, realizada mediante la inspección de viviendas y la instalación de ovitrampas, se miden las densidades de la población de los estadios inmaduros de *A. aegypti* como larvas, pupas y huevos por medio de cinco indicadores:

A. Vigilancia por inspección de viviendas

- a) **Índice Aédico (IA):** es el porcentaje de viviendas positivas con larvas, pupas y/o adultos de *Aedes aegypti* en una localidad.

b) Índice de Breteau (IB): es el porcentaje de recipientes positivos con larvas y/o pupas de *Aedes aegypti* por cada 100 viviendas inspeccionadas en una localidad.

c) Índice de Recipientes (IR): es el porcentaje de recipientes positivos con larvas y/o pupas de *Aedes aegypti* en una localidad.

B. Vigilancia por instalación de ovitrampas

d) Índice de Ovitrampas Positivas (IOP): es el porcentaje de ovitrampas positivas con huevos de *Aedes aegypti* en una localidad.

e) Índice de Densidad de Huevos (IDH): es el porcentaje de huevos de *Aedes aegypti* encontrados en las ovitrampas de una localidad.

2.5.2. Estratificación del riesgo entomológico

Según la NTS N° 116- MINSa/DIGESA-V.01 (2015), una localidad puede clasificarse de acuerdo a los niveles de riesgo entomológico para la transmisión del dengue. Se considera localidades de:

a) Bajo Riesgo: Cuando los índices de infestación aérea o IA obtenidos sean menor del 1%.

b) Mediano Riesgo: Cuando el IA sea de 1 a menos del 2%.

c) Alto Riesgo: Cuando el IA sea mayor o igual al 2%.

2.6. Factores ambientales asociados al *Aedes aegypti*

La DIGESA (2011), indica que los impactos del cambio climático sobre los ecosistemas generan condiciones ideales de temperatura y humedad para el desarrollo del mosquito. La degradación de los ambientes naturales producto de la deforestación, ha generado nuevas condiciones para la transmisión del vector.

Asimismo, Herrera y Sánchez (2017), consideran al clima como factor importante en la determinación de la distribución geográfica y la eficiencia con la que estos virus se transmiten. Debido a ello se pueden producir brotes epidémicos de inmensas proporciones con los efectos del cambio climático.

Los fenómenos como las precipitaciones, temperatura y la humedad influyen en la infestación de áreas en Sudamérica, relacionado con una mayor disponibilidad de criaderos y una mayor distribución de *Aedes aegypti* (Márquez *et al.*, 2019).

2.6.1. Temperatura

Aedes aegypti al ser poiquiloterms, algunos de sus procesos biológicos como la maduración sexual, la cópula y la oviposición se ven afectados por la temperatura ambiental, de manera que a temperaturas adecuadas (entre 26 y 28°C) aumentan la cinética del desarrollo y la supervivencia de todas las etapas del insecto (Marinho *et al.*, 2016).

Además, su supervivencia tiene menor probabilidad bajo los 10°C y superior a 44 o 46°C, provocando la dilatación o aceleración de los diferentes estadios (Vezzani y Carbajo, 2008).

Por otro lado, Ruiz (2020) indica que para que *A. aegypti* succione sangre o sobrevivan sus huevos la temperatura ambiental debe ser lo suficientemente cálida o fría respectivamente.

2.6.2. Precipitación

La precipitación pluvial es también significativa aunque no fácil de predecir en la ocurrencia metabólica, siendo vital para la reproducción del mosquito. Las lluvias tienen un efecto indirecto en la longevidad del vector, aunque la humedad crea una serie de hábitat favorable, incrementan la distribución geográfica de los insectos con una abundancia estacional de vectores de enfermedad (Collazos *et al.*, 2017).

2.6.3. Humedad relativa

Cassab *et al.* (2011), nos indican que la humedad relativa tiene importancia eco-epidemiológica cuando se incluye en modelos multi-variables. Análisis realizados en Tailandia demuestran que la incidencia del vector ocurrió cuando la humedad relativa fue más alta que el promedio anual registrado. Asimismo, la humedad puede mejorar la supervivencia en la etapa de huevo del mosquito *Aedes aegypti*.

2.7. Influencia de las variables ambientales en la distribución de *Aedes aegypti*

La influencia de los factores climáticos sobre la distribución de *Aedes aegypti* es expuesta por Rubio *et al.* (2011), de la siguiente manera:

Los cambios climáticos a menudo relacionados con el fenómeno de "El Niño" Oscilación del Sur (ENSO) producen valores extremos en la precipitación, temperatura y humedad, generando alteraciones en los patrones de movimiento de las masas de aire y en la presión atmosférica, provocando lluvias intensas y periodos muy húmedos que contribuyen con la proliferación de *Aedes Aegypti*.

López y Neira (2016), indican que la precipitación y temperatura han sido reportados como factores que influyen no solo la dinámica poblacional de *A. Aegypti*, sino también su habilidad para transmitir virosis. Debido a esto, varios estudios se han enfocado en el efecto que las variables ambientales sobre los patrones de distribución geográfica de esta especie.

Asimismo, se propone que la incidencia del dengue, y a su vez la incidencia de *Aedes aegypti*, se correlaciona con alguna variable ambiental como temperatura, humedad relativa y precipitación, esta última referida como un agente de cambio climático importante que afecta al patrón de distribución temporal y geográfica de la incidencia de casos de dengue, mientras que la temperatura parece jugar un papel crítico en la intensidad del brote (Tovar, 2016).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

3.1.1. Ubicación política

La investigación se realizó con datos obtenidos de los 6 sectores epidemiológicos que pertenecen a la jurisdicción del Hospital de Tingo María y la Red de Salud de Leoncio Prado, políticamente ubicado en el distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco.

3.1.2. Ubicación geográfica

Geográficamente los 6 sectores epidemiológicos de la ciudad de Tingo María se encuentran en la hoja 19-k de la Carta Nacional del Instituto Geográfico Nacional, entre las coordenadas UTM: 390101m E, 8971576m N.

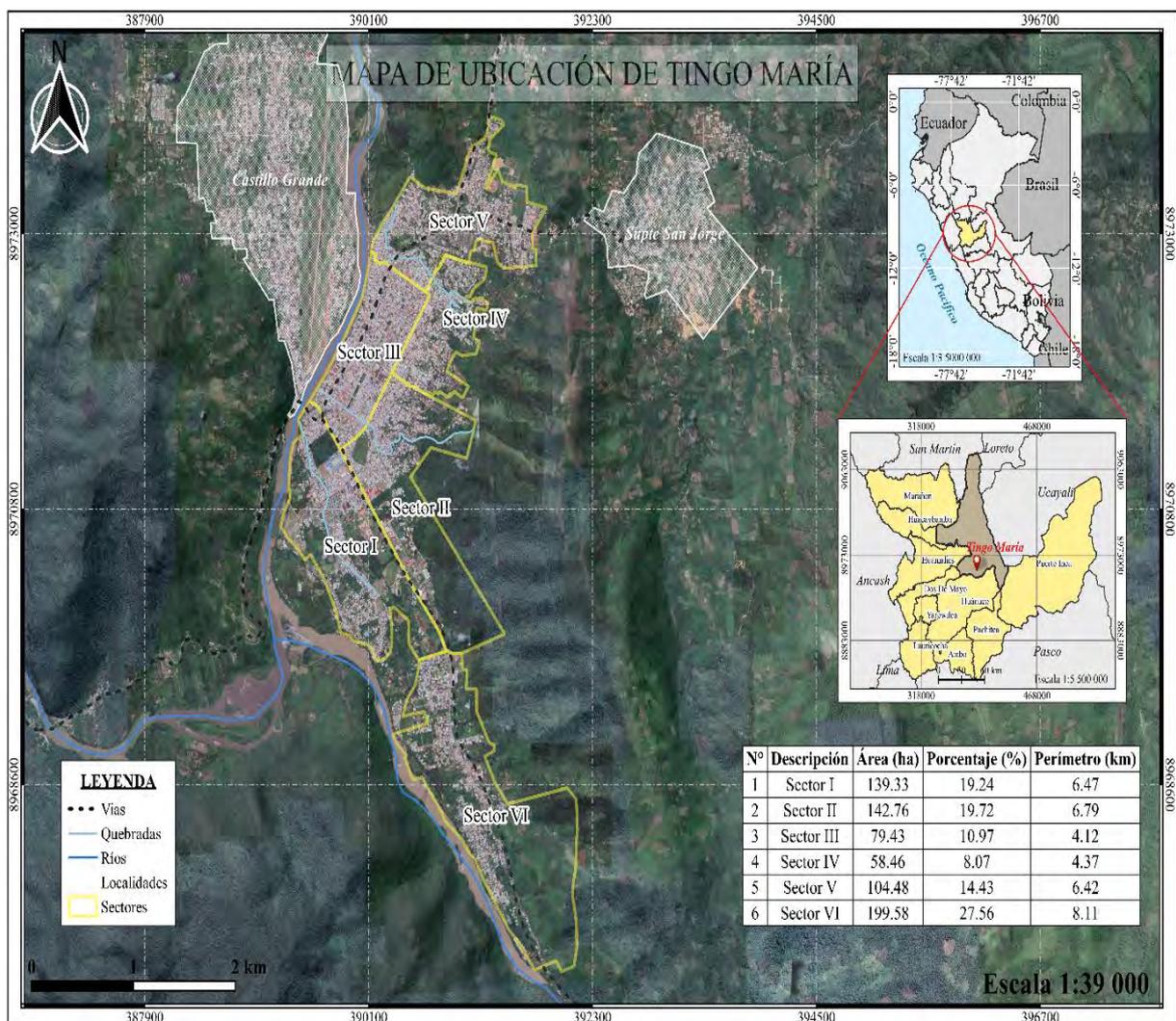


Figura 2. Mapa de ubicación de la ciudad de Tingo María.

3.1.3. Aspectos ambientales de Tingo María

La ciudad de Tingo María se encuentra a una altitud de 668 m.s.n.m., en la región selva o Rupa Rupa (Pulgar, 1981), además, tiene un clima tropical con una temperatura máxima de 30.2°C y mínima de 21°C, una precipitación media anual de 3155 mm, una humedad relativa máxima de 87% y mínima de 74% (Estación Climatológica Principal Tingo María, 2018). Por otro lado, Tingo María se encuentra en la zona de vida de bosque muy húmedo Premontano Tropical (bmh-PT), según el Mapa Ecológico, establecida en la clase N°. 09 del reglamento de clasificación de tierras (Holdridge, 1987).

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Materiales

Planos de la ciudad de Tingo María, registros de índices entomológicos de la ciudad de Tingo María, registro de datos meteorológicos (temperatura, precipitación y humedad relativa), libreta de apuntes y lapiceros.

3.2.2. Equipos

Equipo Portátil de Procesamiento Global (GPS), laptop (AMD A8) y cámara digital (12 megapíxeles).

3.2.3. Programas

Microsoft Office vers. 2013 (Word, Excel y Power Point), RStudio (vers. 1.4.1103) y Quantum GIS (vers.3.16.3).

3.3. Metodología

3.3.1. Tipo y nivel de investigación

3.3.1.1. Tipo de investigación

Aplicado, porque se recurrió a las ciencias biológicas y ambientales para solucionar el problema de la distribución espacio-temporal de *Aedes aegypti* y determinar su relación con los factores ambientales en Tingo María.

3.3.1.2. Nivel de investigación

Correlacional, porque se busca determinar la correlación que existen entre la variable independiente y la variable dependiente.

- a) **Según el tiempo de ocurrencia**, es retrospectivo, porque se analizó información colectada previo al inicio de la investigación.
- b) **Según la secuencia del estudio**, es de carácter longitudinal, porque se estudió las variables en un periodo largo con el fin de observar los cambios que se producen.

3.3.2. Población y muestra

3.3.2.1. Población

La población estuvo compuesta por todos los huevos, larvas y pupas del vector *Aedes aegypti* en Tingo María durante los años 2015 al 2019.

3.3.2.2. Muestra

Se tomó como muestra, la base de datos de la vigilancia entomológica del vector *Aedes aegypti* al 100%, obtenidos durante los años 2015 al 2019 en la ciudad de Tingo María (ver Anexo A del apéndice 1).

Muestreo: El tipo de muestreo fue no probabilístico a conveniencia propia de la investigación, debido a que la población de huevos, larvas y pupas de *Aedes aegypti* es desconocido.

3.3.3. Variables de estudio

- a) Variable dependiente:

Y = Distribución espacio-temporal de *Aedes aegypti*.

- b) Variable independiente:

X = Factores ambientales.

3.3.3.1. Indicadores

- a) Indicadores de la variable dependiente:

$Y_1 = \text{Índice Aédico (\%)}$

$Y_2 = \text{Índice de Breteau (\%)}$

$Y_3 = \text{Índice de Recipiente (\%)}$

$Y_4 = \text{Índice de Ovitrampas Positivas (\%)}$

$Y_5 = \text{Índice de Densidad de Huevos (\%)}$

b) Indicadores de la variable independiente:

$X_1 = \text{Temperatura máxima (}^\circ\text{C)}$

$X_2 = \text{Temperatura mínima (}^\circ\text{C)}$

$X_3 = \text{Temperatura media (}^\circ\text{C)}$

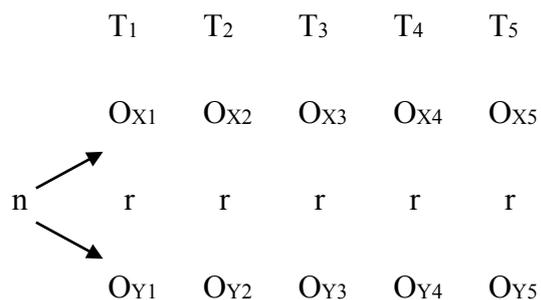
$X_4 = \text{Precipitación (mm)}$

$X_5 = \text{Humedad relativa (\%)}$

3.3.4. Diseño de investigación

3.3.4.1. Tipo de diseño

El diseño es de tipo no experimental con enfoque cuantitativo, y de carácter longitudinal porque se busca observar y analizar el comportamiento de las variables sin manipularlas deliberadamente en determinado periodo (Ñaupas *et al.*, 2013). Por lo tanto, se empleó un diseño correlacional expresado en el siguiente esquema:



Donde:

n: Tamaño de muestra

T: Años de estudio del 2015 al 2019

O_x: Observación de los factores ambientales

O_y: Observación de la distribución espacio-temporal de *Aedes Aegypti*

r: Coeficiente de correlación entre las variables X-Y

3.3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de información

A. Técnicas e instrumentos bibliográficos

Las técnicas empleadas fueron las de observación y análisis documental de informes y registros.

Los datos de los índices entomológicos se obtuvieron del área de Salud Ambiental de la Red de Salud Leoncio Prado, de registros y consolidados mensuales y anuales realizados en la vigilancia entomológica del vector *Aedes aegypti* en la ciudad de Tingo María durante los años 2015 al 2019 (ver Anexo B del Apéndice 1).

Los datos climatológicos se recopilaban de los registros de la Estación Principal Tingo María-UNAS (CP), ubicado en la Universidad Nacional Agraria de la Selva, correspondientes a los años 2015 al 2019 (ver Anexo B del Apéndice 1).

B. Técnicas e instrumentos estadísticos

Se empleó la estadística descriptiva para calcular la media y desviación estándar de los índices entomológicos anuales. La estadística inferencial se aplicó para comprobar si existen diferencias estadísticas entre los índices entomológicos de los años 2015 al 2019. Asimismo, para determinar el nivel de asociación lineal entre los factores ambientales y los índices entomológicos se empleó una matriz de coeficientes de correlación de Pearson y la Regresión Lineal Múltiple.

Para el procesamiento de datos se usó Microsoft Excel (2013), y para el análisis estadístico se empleó el software RStudio (ver. 1.4.1717).

3.3.6. Determinación de la variación temporal de los índices entomológicos de *Aedes aegypti* y los factores ambientales en Tingo María

A. Imputación de datos faltantes

Se identificaron los datos faltantes en los índices entomológicos mensuales como el Índice Aédico (IA), Índice de Breteau (IB), Índice de recipiente (IR), Índice de Ovitrampas Positivas (IOP) e Índice de Densidad de Huevos (IDH) que posteriormente

fueron imputados mediante el método no paramétrico missForest en RStudio (Vers. 1.4.1717) (ver Anexo C del apéndice 1), que predice valores a partir de variables involucradas (Bussi *et al.*, 2018) (ver Anexo D del apéndice 1).

B. Determinación de la variación temporal de los índices entomológicos

En primer lugar, se verificaron los supuestos estadísticos de Normalidad, Homocedasticidad, Independencia y Linealidad para cada índice entomológico en función de los años mediante gráficos exploratorios y las pruebas de Shapiro-Wilk, Levene y Durbin-Watson. Además, se analizaron los valores atípicos para descartar si son extremos.

Posteriormente, se determinó la variación temporal mediante la comparación múltiple de medias, por lo que se empleó el Análisis de Varianza de una vía (ANOVA) para los índices entomológicos que cumplieron con los supuestos estadísticos, teniendo como variable factor a los años; y para los índices entomológicos que no, se empleó la prueba de Kruskal Wallis.

Asimismo, se aplicó las pruebas post hoc de Tukey y Mann-Whitney para contrastar las diferencias entre las medias de los índices entomológicos de cada año, y finalmente fueron representados en diagramas de cajas y bigotes.

C. Determinación de la variación temporal de los factores ambientales

Se elaboraron climogramas o diagramas de Walter-Lieth empleando los valores de la Temperatura máxima, Temperatura mínima, Temperatura media y Precipitación pluvial, mediante la función “diagwl” del paquete “climatol” en RStudio (Bell, 2018).

Asimismo, se determinaron los siguientes índices climáticos:

a. Índice de Emberger o cociente pluviotérmico

El cociente pluviotérmico se determinó mediante la Ecuación 1 y el clima se clasificó según la Tabla 1.

$$Q = \frac{100 * P}{2(T_{12} + T_1)/2 * (T_{12} - T_1)} \quad (1)$$

Dónde:

P : Precipitación media anual (mm),

Q : Índice de Emberger o cociente pluviotérmico,

T_{12} : Temperatura media de las máximas del mes más cálido (°C),

T_1 : Temperatura media de las mínimas del mes más frío (°C).

Tabla 1. Tipos de clima según el índice de Emberger.

Q	CLIMA
>90	Húmedo
90-50	Sub-húmedo
50-30	Semiárido
30-0	Árido

b. Índice de aridez de Lang

Se calculó el índice de Lang mediante la relación de las precipitaciones y las temperaturas medias anuales (Ecuación 2), además, se identificó la zona mediante la Tabla 2.

$$P_f = \frac{P}{T_m} \quad (2)$$

Dónde:

P : Precipitación media anual (mm),

T_m : Temperatura media anual (°C).

Tabla 2. Tipos de zona según el índice de aridez de Lang.

Valor de P_f	Zona
0-20	Desiertos
20-40	Árida
40-60	Húmedas de estepa y sabana
60-100	Húmedas de bosques claros
100-160	Húmedas de grandes bosques
>160	Per húmedas con prados y tundras

c. Índice de aridez de Martonne

La aridez según Martonne se determinó utilizando la Ecuación 3 y se identificó la zona empleando la Tabla 3.

$$I_a = \frac{P}{(T_m + 10)} \quad (3)$$

Donde:

P : Precipitación media anual (mm),

T_m : Temperatura media anual (°C).

Tabla 3. Tipos de zona según el índice de aridez de Martonne.

Valor de I_a	Zona
0-5	Desiertos (Hiperárido)
5-10	Semidesiertos (Árido)
10-20	Semiárido de tipo mediterráneo
20-30	Subhúmeda
30-60	Húmeda
>60	Per húmeda

d. Índice de mediterraneidad de S. Rivas Martínez

Para determinar el índice de mediterraneidad de S. Rivas Martínez se empleó la evapotranspiración promedio mensual y la precipitación media (Ecuación 4, 5 y 6).

$$Im_1 = \frac{ETP_{jl}}{P_{jl}} \quad (4)$$

$$Im_2 = \frac{ETP_{jn} + ETP_{jl}}{P_{jn} + P_{jl}} \quad (5)$$

$$Im_3 = \frac{ETP_{jn} + ETP_{jl} + ETP_{ag}}{P_{jn} + P_{jl} + P_{ag}} \quad (6)$$

Donde:

ETP: Evapotranspiración de junio, julio y agosto (Thornthwaite),

P : Precipitación media mensual de junio, julio y agosto.

Son considerados territorios mediterráneos cuando Im_1 , Im_2 e Im_3 son menores que uno.

e. Índice de continentalidad de Gorezynski y Currey

Para determinar el tipo de clima según los índices de continentalidad de Gorezynski y Currey se utilizaron las Ecuaciones 7 y 8 y la Tabla 4.

$$IC = \frac{1.7 * (M_i - m_i)}{\sin(Lat + 10) - 14} \quad (7)$$

$$IC = \frac{(M_i - m_i)}{(1 + 1/3 * Lat)} \quad (8)$$

Donde:

M_i : Temperatura media del mes más cálido,

m_i : Temperatura media del mes más frío,

Lat : Latitud.

Tabla 4. Tipos de clima según el índice de continentalidad de Gorezynski y Currey.

IC ¹	IC ²	CLIMA
[-20; 20]	[0; 0,6]	Híper oceánicos
[20; 40]	[0,6; 1,1]	Oceánicos
[40; 60]	[1,1; 1,7]	Subcontinentales
[60; 80]	[1,7; 2,3]	Continental
[80; 120]	[2,3; 5]	Híper continentales

¹Índice de Gorezynski. ²Índice de Currey.

3.3.7. Identificación de la distribución espacio-temporal del *Aedes aegypti* en Tingo María

a. Identificación del riesgo entomológico

Se comparó y clasificó los índices aélicos del periodo de estudio con el criterio de los niveles de riesgo entomológico establecidos en la NTS N° 116-MINSA/DIGESA-V.01 (Tabla 5).

Tabla 5. Niveles de riesgo entomológico según el Índice Aélico.

Estratificación del riesgo entomológico	Índice Aélico
Bajo Riesgo	0 - < 1%
Mediano Riesgo	1 - < 2%
Alto Riesgo	≥ 2 %

Fuente: NTS N° 116-MINSA/DIGESA-V.01 (2015).

Asimismo, se clasificó el nivel de riesgo entomológico comparando el número de huevos de *Aedes aegypti* encontrados en la vigilancia por ovitrampas con el criterio señalado en la R.M. N° 010-2015/MINSA (Tabla 6).

Tabla 6. Niveles de riesgo entomológico según el número de huevos de *Aedes aegypti*.

Estratificación del riesgo entomológico	N° huevos
Bajo	0 - < 60
Medio	60 - < 120
Alto	120 - < 150
Muy Alto	> 150

Fuente: R.M. N° 010-2015/MINSA (2015).

b. Mapas temáticos del nivel de riesgo entomológico

Se elaboró los mapas temáticos de riesgo entomológico para representar la distribución espacio-temporal de *Aedes aegypti* según los índices aélicos mediante el software QGis vers. 3.16.11. Además, se empleó la interpolación espacial por Distancia Inversa Ponderada (IDW) en QGis (vers. 3.16.11) para realizar los mapas de riesgo entomológico según el número de huevos de *Aedes aegypti*, considerando el vuelo del vector tuvo una influencia de 200 metros a la redonda de cada ovitrampa instalada.

3.3.8. Estimación de la correlación entre la temperatura, precipitación y humedad relativa y la distribución espacio-temporal de *Aedes aegypti*

a. Correlación entre los factores ambientales y los índices entomológicos

Se calcularon los coeficientes de correlación de Pearson (r) para medir el grado de asociación lineal entre los factores ambientales y los índices entomológicos.

b. Modelo de Regresión Lineal Múltiple

Se estimó la ecuación de regresión lineal múltiple (Ecuación 2) para cada índice entomológico en función de los factores ambientales empleando el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) de la función “lm” del paquete “MASS” en RStudio.

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \varepsilon_i \quad (9)$$

$$\hat{Y}_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 \quad (10)$$

$$\varepsilon_i = Y_i - \hat{Y}_i \quad (11)$$

Donde:

Y_i : Variable respuesta o dependiente (índices entomológicos),

\hat{Y}_i : Variable dependiente estimada,

X_n : Variables explicativas o predictores (factores ambientales),

β_n : Coeficientes de regresión o estimadores,

ε_i : Residuales (error residual o aleatorio).

Posteriormente, para obtener un modelo regresión múltiple ajustado se seleccionaron las variables que aportan más al modelo mediante el método de regresión por pasos utilizando el criterio de información de Akaike (Akaike Information Criterion [AIC]; Akaike, 1973 como se citó en Gimenez *et al.*, 2020) de la función “stepAIC” en el paquete “MASS” que proporciona el programa RStudio (Vers. 1.4.1717).

Asimismo, se verificó la multicolinealidad entre las variables explicativas mediante el Factor de Inflación de la Varianza (Variance Inflation Factor [VIF]).

Las variables con alto valor de VIF se fueron eliminando, hasta conseguir valores menores a cinco cuando se recalculo los VIF (Zuur *et al.*, 2010 como se citó en Gimenez *et al.*, 2020).

c. Pruebas de significación del modelo

Para comprobar la significación de cada ecuación de regresión múltiple se realizó contrastes individuales aplicando la prueba t de Student, y contrastes generalizados mediante el ANOVA con un nivel de significancia del 95% ($\alpha = 0,05$) para ambos. Asimismo, se calcularon los coeficientes determinación (R^2) para determinar la bondad de ajuste entre los índices entomológicos y los factores ambientales respectivamente.

d. Análisis de supuestos estadísticos

Para la validación de los modelos ajustados de los índices entomológicos se verificaron la Normalidad, Homocedasticidad e Independencia de los residuales mediante métodos gráficos y las pruebas de hipótesis de Lilliefors K-S, Breush-Pagan y Durbin-Watson con un nivel de significancia del 99% ($\alpha = 0,01$); asimismo se verificó la Linealidad mediante el cálculo de la media de los errores ($\bar{\varepsilon}_i \approx 0$).

3.3.9. Análisis estadístico

A. Análisis para la variación temporal de los índices entomológicos

Para elegir la prueba estadística que se empleó en la comparación de medias, se comprobó si los índices entomológicos presentaban Normalidad, Homocedasticidad, Independencia y Linealidad mediante los siguientes pasos:

a) Prueba de Normalidad

Paso 1. Planteamiento de hipótesis:

H_o : Los índices entomológicos presentan distribución normal

H_a : Los índices entomológicos no presentan distribución normal

Paso 2. Establecer el nivel de significancia: 95%, $\alpha = 0,05$.

Paso 3. Estadístico de prueba: Prueba de Shapiro-Wilk

Paso 4. Toma de Decisión:

p-valor $> \alpha$, aceptamos la hipótesis nula (H_o).

p-valor $\leq \alpha$, aceptamos la hipótesis alternante (H_a).

Paso 5. Conclusión

b) Prueba de Homocedasticidad

Paso 1. Planteamiento de hipótesis

$H_o: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \sigma_4^2 = \sigma_5^2$ (Las varianzas son iguales)

$H_a: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2 \neq \sigma_3^2 \neq \sigma_4^2 \neq \sigma_5^2$ (Las varianzas no son iguales)

Paso 2. Establecer el nivel de significancia: 95%, $\alpha = 0,05$.

Paso 3. Estadístico de prueba: Prueba de Levene.

Paso 4. Toma de Decisión:

p-valor $> \alpha$, aceptamos la hipótesis nula (H_o).

p-valor $\leq \alpha$, aceptamos la hipótesis alternante (H_a).

Paso 5. Conclusión

c) Prueba de Independencia

Paso 1. Planteamiento de hipótesis

$H_o: \rho = 0$ (Existe independencia entre las variables)

$H_a: \rho \neq 0$ (No existe independencia entre las variables)

Paso 2. Establecer el nivel de significancia: 95%, $\alpha = 0,05$.

Paso 3. Estadístico de prueba: Prueba de Durbin-Watson.

Paso 4. Toma de decisión:

p-valor $> \alpha$, aceptamos la hipótesis nula (H_o).

p-valor $\leq \alpha$, aceptamos la hipótesis alternante (H_a).

Paso 5. Conclusión

d) Prueba de Linealidad

Paso 1. Determinar la media de los errores residuales

Paso 4. Decisión

$\mu_e \cong 0$, existe linealidad

$\mu_e \neq 0$, no existe linealidad

Paso 3. Conclusión

Posteriormente, se realizó la comparación múltiple de medias mediante:

e) Análisis de varianza (ANOVA)/ Kruskal-Wallis

Paso 1. Planteamiento de hipótesis

H_0 : $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$ (No hay diferencias entre las medias de los índices entomológicos)

H_a : $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$ (Al menos un par de las medias de los índices entomológicos son estadísticamente diferentes)

Paso 2. Establecer el nivel de significancia: 95 y 99%, $\alpha = 0,05$ ó $\alpha = 0,01$.

Paso 3: Estadístico de prueba: se empleó la prueba estadística F de Fisher en el ANOVA y la prueba H para Kruskal-Wallis.

Paso 4. Toma de decisión:

p-valor $> \alpha$, aceptamos la hipótesis nula (H_0).

p-valor $\leq \alpha$, aceptamos la hipótesis alternante (H_a).

Paso 5: Conclusión

Tabla 7. Diseño de análisis de varianza de un factor.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	Sig.
Año	$SCA = \sum_{j=1}^k (X_j - \bar{X}_j)^2$	$GL_A = k - 1$	$CMA = SCA/GL_A$	CMA/CME	
Error	$SCE = \sum_{j=1}^k (X_j - \bar{X})^2$	$GL_E = n - k$	$CME = SCE/GL_E$		
Total	$SCT = \sum_{j=1}^n (X_j - \bar{X})^2$	$GL_T = n - 1$			

Asimismo, para saber que medias son diferentes se empleó los contrastes Post-hoc mediante:

f) Prueba de Tukey HSD

Paso 1. Planteamiento de hipótesis:

H_o : Las medias anuales de los índices entomológicos son iguales

H_a : Las medias anuales de los índices entomológicos son diferentes

Paso 2. Establecer el nivel de significancia: 95%, $\alpha = 0,05$.

Paso 3. Estadístico de prueba: Prueba de Tukey HSD

Paso 4. Toma de Decisión:

$p\text{-valor} > \alpha$, aceptamos la hipótesis nula (H_o).

$p\text{-valor} \leq \alpha$, aceptamos la hipótesis alternante (H_a).

Paso 5. Conclusión

Tabla 8. Diseño para la prueba de Tukey HSD.

Año	Diferencias	Límite inferior	Límite superior	p-valor
2016-2015				
2017-2015				
2018-2015				
2019-2015				
2017-2016				
2018-2016				
2019-2016				
2018-2017				
2019-2017				
2019-2018				

B. Análisis de correlación

a) Prueba de Correlación de Pearson

Paso 1. Planteamiento de hipótesis

H_o : Existe correlación significativa entre los factores ambientales y los índices entomológicos

H_a : No existe correlación significativa entre los factores ambientales y los índices entomológicos

Paso 2. Establecer el nivel de significancia: 95%, $\alpha = 0,05$.

Paso 3. Estadístico de prueba: Prueba de Pearson.

Paso 4. Toma de Decisión:

p-valor $> \alpha$, aceptamos la hipótesis nula (H_0).

p-valor $\leq \alpha$, aceptamos la hipótesis alternante (H_a).

Paso 5. Conclusión

Para interpretar los coeficientes de correlación obtenidos se empleó la siguiente escala:

Tabla 9. Escala de los coeficientes de correlación.

Coefficiente de correlación	Interpretación
-0.90	Correlación negativa muy fuerte.
-0.75	Correlación negativa considerable.
-0.50	Correlación negativa media.
-0.25	Correlación negativa débil.
-0.10	Correlación negativa muy débil.
0.00	No existe correlación alguna entre las variables.
0.10	Correlación positiva muy débil.
0.25	Correlación positiva débil.
0.50	Correlación positiva media.
0.75	Correlación positiva considerable.
0.90	Correlación positiva muy fuerte.
1.00	Correlación positiva perfecta.

Fuente: Hernández-Sampieri y Mendoza (2018).

C. Análisis de los modelos de regresión múltiple

Para determinar la eficiencia de los modelos se comprobó si sus residuales presentan distribución normal, varianza constante, no están correlacionados y si tienen media cero, mediante los supuestos estadísticos de Normalidad, Homocedasticidad, Independencia y Linealidad.

a) Prueba de Normalidad**Paso 1. Planteamiento de hipótesis:**

H_o : Los residuales presentan distribución normal

H_a : Los residuales no presentan distribución normal

Paso 2. Establecer el nivel de significancia: 95%, $\alpha = 0,05$.

Paso 3. Estadístico de prueba: Prueba de Lilliefors K-S.

Paso 4. Toma de decisión:

p-valor $> \alpha$, aceptamos la hipótesis nula (H_o).

p-valor $\leq \alpha$, aceptamos la hipótesis alternante (H_a).

Paso 5. Conclusión**b) Prueba de Homocedasticidad****Paso 1. Planteamiento de hipótesis**

H_o : $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \sigma_4^2 = \sigma_5^2$ (Los residuales presentan homocedasticidad)

H_a : $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2 \neq \sigma_3^2 \neq \sigma_4^2 \neq \sigma_5^2$ (Los residuales presentan heterocedasticidad)

Paso 2. Establecer el nivel de significancia: 95%, $\alpha = 0,05$.

Paso 3. Estadístico de prueba: Prueba de Breush-Pagan.

Paso 4. Toma de Decisión:

p-valor $> \alpha$, aceptamos la hipótesis nula (H_o).

p-valor $\leq \alpha$, aceptamos la hipótesis alternante (H_a).

Paso 5. Conclusión**c) Prueba de Independencia****Paso 1. Planteamiento de hipótesis**

H_o : $\rho = 0$ (Los residuales presentan independencia)

H_a : $\rho \neq 0$ (Los residuales no presentan independencia)

Paso 2. Establecer el nivel de significancia: 95%, $\alpha = 0,05$.

Paso 3. Estadístico de prueba: Prueba de Durbin-Watson.

Paso 4. Toma de decisión:

p-valor $> \alpha$, aceptamos la hipótesis nula (H_o).

p-valor $\leq \alpha$, aceptamos la hipótesis alternante (H_a).

Paso 5. Conclusión**d) Prueba de Linealidad****Paso 1. Determinar la media de los errores residuales****Paso 4. Decisión**

Si $\mu_e \cong 0$, existe linealidad

Si $\mu_e \neq 0$, no existe linealidad

Paso 3. Conclusión

Finalmente se comprobó si los modelos son adecuados para explicar el comportamiento de los índices entomológicos mediante:

e) Prueba de significación del modelo**Paso 1. Planteamiento de hipótesis**

$H_o: \beta_i = 0$ (No existe relación lineal entre los factores ambientales y los índices entomológicos)

$H_a: \beta_i \neq 0$ (Si existe relación lineal entre los factores ambientales y los índices entomológicos)

Paso 2. Establecer el nivel de significancia: 95%, $\alpha = 0,05$.

Paso 3. Estadístico de prueba: Prueba F de Fisher.

Paso 4. Toma de decisión:

p-valor $> \alpha$, aceptamos la hipótesis nula (H_o).

p-valor $\leq \alpha$, aceptamos la hipótesis alternante (H_a).

Paso 5. Conclusión

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Determinación de la variación temporal de los índices entomológicos de *Aedes aegypti* y los factores ambientales en Tingo María

4.1.1. Variación temporal de los índices entomológicos

Las actividades de vigilancia entomológica por inspección de viviendas realizados entre los años 2015 al 2019 indicaron que más del 2% de las 11 261 viviendas de la localidad de Tingo María se reportaron positivas a la presencia de larvas, pupas y/o adultos de *A. aegypti*; habiéndose encontrado principalmente en un alto riesgo entomológico. No obstante, la media de los Índices Aécicos (IA) de estos años presentaron diferencias estadísticas muy significativas ($p < 0,01$) debido a que se superó el tamaño muestral (372 viviendas) de manera indistinta en cada vigilancia mensual (Figura 3). Estos resultados coinciden con Barboza y Ramírez (2015) quienes reportaron diferencias estadísticas del IA ($p < 0,05$) de Iquitos, por el contrario Isla (2018) reportó diferencias no significativas ($p > 0,05$) en el IA del distrito de Pillco Marca, donde los factores ambientales son desfavorables al vector.

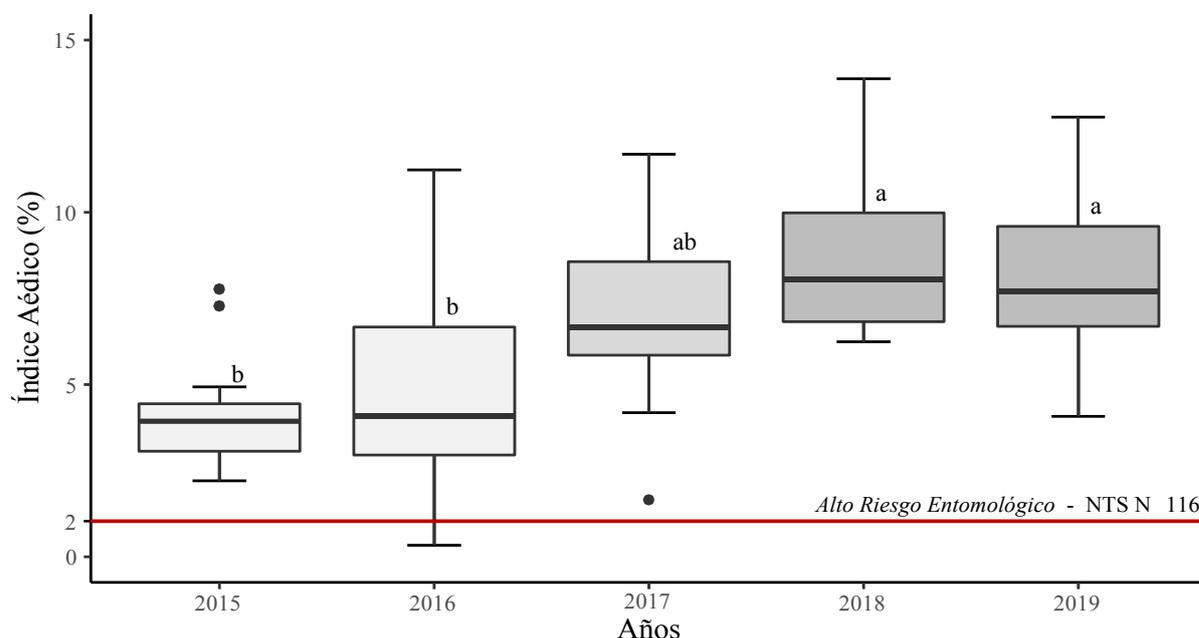


Figura 3. Índice Aécico anual de la Localidad de Tingo María, 2015-2019.

Por lo tanto, existe variación temporal ascendente del IA debido a que la menor media anual se presentó en los años 2015 y 2016 con $4,16 \pm 1,78^b$ y $4,83 \pm 3,3^b$ respectivamente, siendo estadísticamente iguales; asimismo la media del IA de los años 2018 y 2019 también son similares, siendo los mayores con un IA de $8,84 \pm 2,47^a$ y $8,01 \pm 2,54^a$; por último, el IA del 2017 ($6,94 \pm 2,75^{ab}$) tiene semejanzas con ambos grupos (Figura 3).

Las viviendas positivas al vector variaron del 0,3% al 13,9%, teniendo una variación temporal del IA similar a las ciudades de la selva con factores ambientales semejantes como el distrito de Belén donde variaron entre 3,1% a 19,4% y en el municipio de Managua donde fluctuaron de 2,93% a 7% (Chávez y Paredes, 2011; Espinoza, 2018). Sin embargo, en el distrito Villa el Salvador el IA solo varió de 0,4% a 0,8%, dando cuenta que las características ambientales pudieron influir en la cantidad de viviendas positivas reportadas (Sánchez, 2012).

Al comparar el Índice de Breteau (IB) de la localidad de Tingo María entre los años 2015 al 2019, se encontraron diferencias estadísticas muy significativas ($p < 0,01$) opuesto a lo indicado por Isla (2018) en Pillco Marca donde no encontró diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los IB del periodo 2016-2017, probablemente porque este último solo utilizó información de 5 y 4 meses en cada año respectivamente lo cual no refleja el comportamiento de oviposición del vector. Por lo tanto, el porcentaje de recipientes positivos a *A. aegypti* de cada 100 viviendas inspeccionadas en Tingo María tuvo variación temporal con tendencia ascendente en el transcurso del periodo estudiado (Figura 4).

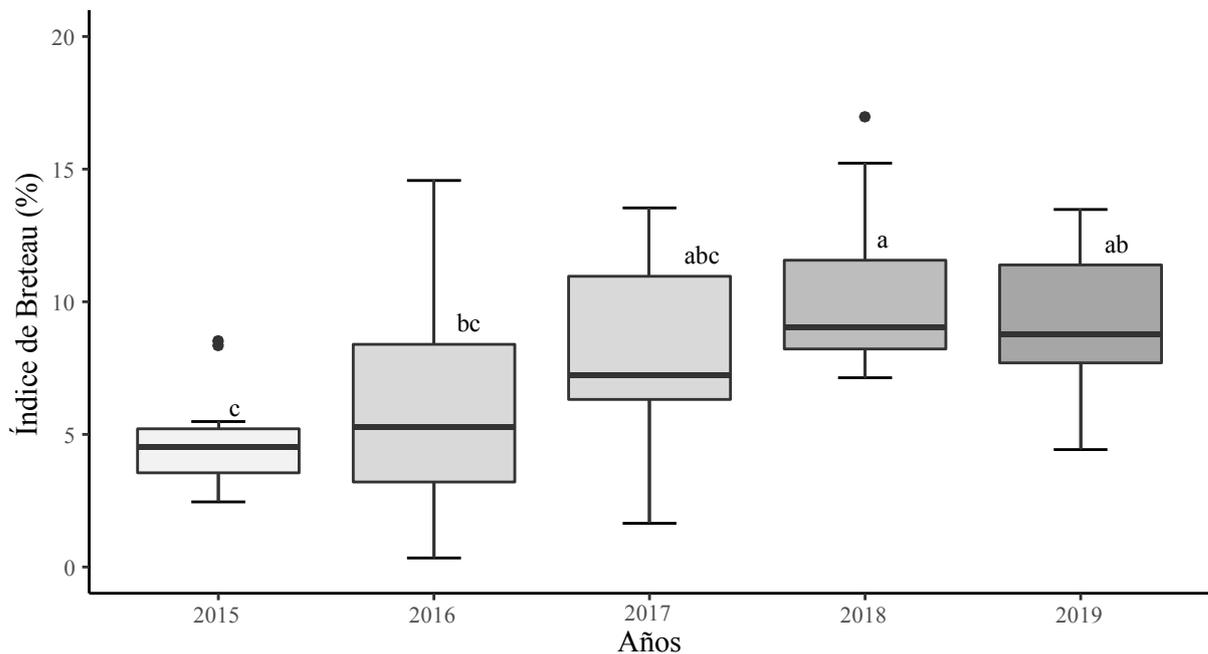


Figura 4. Índice de Breteau anual de la Localidad de Tingo María, 2015-2019.

Se observa también que el IB del 2015 ($4,73 \pm 1,99^c$) es el de menor media anual y estadísticamente similar al IB del año 2016 ($6,07 \pm 4,33^{bc}$); asimismo, el año de mayor media en el IB es el 2018 ($10,36 \pm 3,11^a$) y guarda semejanzas con el IB de los años 2017 ($8,03 \pm 3,52^{abc}$) y 2019 ($9,13 \pm 2,93^{ab}$) (Figura 4). Por lo tanto, se observó que a pesar de que se

realizaron actividades de intervención entomológica como el control con larvicidas y la nebulización espacial, el IB fue aumentando conforme pasaron los años sugiriendo que *Aedes aegypti* adquirió resistencia a estos (Isla, 2018, p. 31) y potencialmente se dispersó a otros sectores (Requena-Zúñiga *et al.*, 2016, p. 171).

Cabe resaltar, que durante el periodo evaluado se inspeccionaron 1 161 011 recipientes de los cuales 7 301 resultaron positivos, siendo el tanque elevado el tipo de recipiente de menor positividad, seguido del tanque bajo y pozo (Tabla 10) debido a que generalmente estos recipientes se mantienen tapados limitando la oviposición de *A. aegypti*; coincidiendo con Barboza y Ramírez (2015) que reportaron la presencia de estadios inmaduros de *A. aegypti* en solo un tanque elevado. Por otro lado, el recipiente que más se encontró en las viviendas fueron las botellas y otros (Tabla 10) a causa del ineficiente servicio de recolección de residuos sólidos en los sectores periurbanos de Tingo María; no sucedió lo mismo en la ciudad de Iquitos donde los recipientes más usados fueron el balde, batea y tina, pero si coinciden con el segundo tipo de recipiente más usado en Tingo María, frente a problemas de abastecimiento de agua; sin embargo, ambos factores aumentan la vulnerabilidad de los sectores para la transmisión de arbovirus (Barboza y Ramírez, 2015).

Tabla 10. Tipo de recipientes inspeccionados y positivos en Tingo María, 2015-2019.

Tipo de recipiente	2015		2016		2017		2018		2019		Total ²	
	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P
Tanque elevado	2711	1	2710	2	1905	1	475	1	566	0	8367	5
Tanque bajo y pozo	3647	6	2471	11	1749	7	411	4	395	7	8673	35
Barril, cilindro, sansón	16216	229	12574	226	9723	308	2382	134	2293	106	43188	1003
Balde, batea, tina	119533	314	62008	372	56105	318	16751	52	15894	85	270291	1141
Ladrillo, olla, cántaro, canaleta	77272	122	59113	175	21615	117	6496	20	3598	5	168094	439
Llanta	8164	214	8087	216	4527	155	1293	46	1199	47	23270	678
Florero, maceta	82033	200	67757	227	46605	190	13075	53	15818	38	225288	708
Botellas, otros recipientes	132988	710	94085	1104	54807	653	16763	123	15360	100	314003	2690
Inservibles	43899	165	26591	225	18111	186	5771	13	5465	13	99837	602
Total¹	486463	1961	335396	2558	215147	1935	63417	446	60588	401	1161011	7301

¹ Suma del total de recipientes en cada año. ²Suma del total de recipientes por cada tipo.

I: recipiente inspeccionado; P: recipiente positivo a *Aedes aegypti*.

También, se evidenció que en todos los tipos de recipientes hubo presencia de estadios inmaduros de *A. aegypti* (Tabla 10), demostrando que tuvo flexibilidad para adaptarse a los distintos envases que contuvieron agua, siendo uno de los factores que influyen en la dinámica poblacional del vector (Soto, 2019, p. 46).

Al comparar el porcentaje de recipientes positivos con larvas y/o pupas de *A. aegypti* en la localidad de Tingo María del periodo 2015 al 2019, se encontraron diferencias estadísticas poco significativas ($p < 0,05$) (Figura 5) discrepando con los IR de la ciudad de Iquitos en el periodo 2011-2013 y de Pillco Marca en el periodo 2016-2017 que no presentaron diferencias estadísticas ($p > 0,05$) posiblemente porque se inspeccionaron una cantidad similar de recipientes, pero en mayor tiempo de vigilancia y porque se compararon IR de todos los meses durante 5 años (Barboza y Ramírez, 2015; Isla, 2018).

En consecuencia, existió variación temporal del Índice de Recipiente (IR) aumentando a partir de una media de $0,40 \pm 0,16^b$ en el año 2015 hasta una media mayor de $0,69 \pm 0,19^a$ en el año 2018 (Figura 5) donde el tipo de recipiente con mayor positividad fueron botellas y otros antes de balde, batea y tina (Tabla 10); diferente a los barriles y floreros que fueron los recipientes de preferencia en Huánuco, pero similar a la ciudad de Iquitos en donde *A. aegypti* prefirió también el balde, batea y tina para ovipositar debido a que estos fueron los recipientes más comunes en las inspecciones (Barboza y Ramírez, 2015; Soto, 2019).

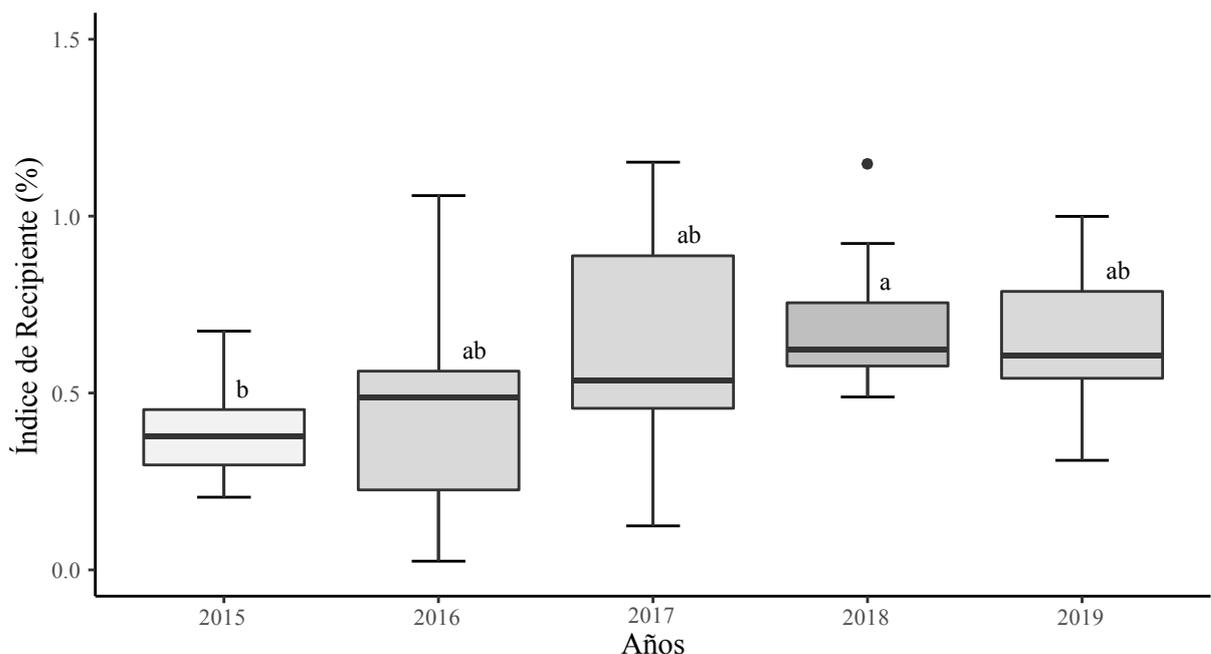


Figura 5. Índice de Recipiente anual de la Localidad de Tingo María, 2015-2019.

En las actividades de vigilancia entomológica por ovitrampas se instalaron un total 169 trampas en los seis sectores epidemiológicos (I-27, II-23, III-24, IV-15, V-35 y VI-45) de Tingo María que ayudaron a determinar la proporción de ovitrampas positivas y la tasa de oviposición de *A. aegypti* por cada ovitrampa positiva.

En cuanto al Índice de Ovitrampas Positivas (IOP) no presentó variación temporal, a pesar que en el año 2016 en Tingo María hubo el mayor IOP con una media de $30,5 \pm 14,35^a$, este no presentó diferencias estadísticas ($p = 0,555$), con el IOP de los años 2017 y 2018 de $28,06 \pm 4,66^a$ y $30,16 \pm 4,19^a$ respectivamente (Figura 6) posiblemente porque todas las ovitrampas, por el atrayente que contenían, tuvieron el mismo potencial de ser visitadas por las hembras del mosquito. Por lo tanto, el porcentaje de ovitrampas positivas a *A. aegypti* en Tingo María fue regular en el periodo 2016-2018, contrario a lo sucedido en la localidad de Santa Rosa, Loreto que presentó una variación de 2,1 a 20,1% en el IOP del periodo 2014-2015 donde aunque la presión por control químico hacia el vector fue similar, este último solo mostró el comportamiento de las ovitrampas positivas durante cuatro meses (Ríos, 2015).

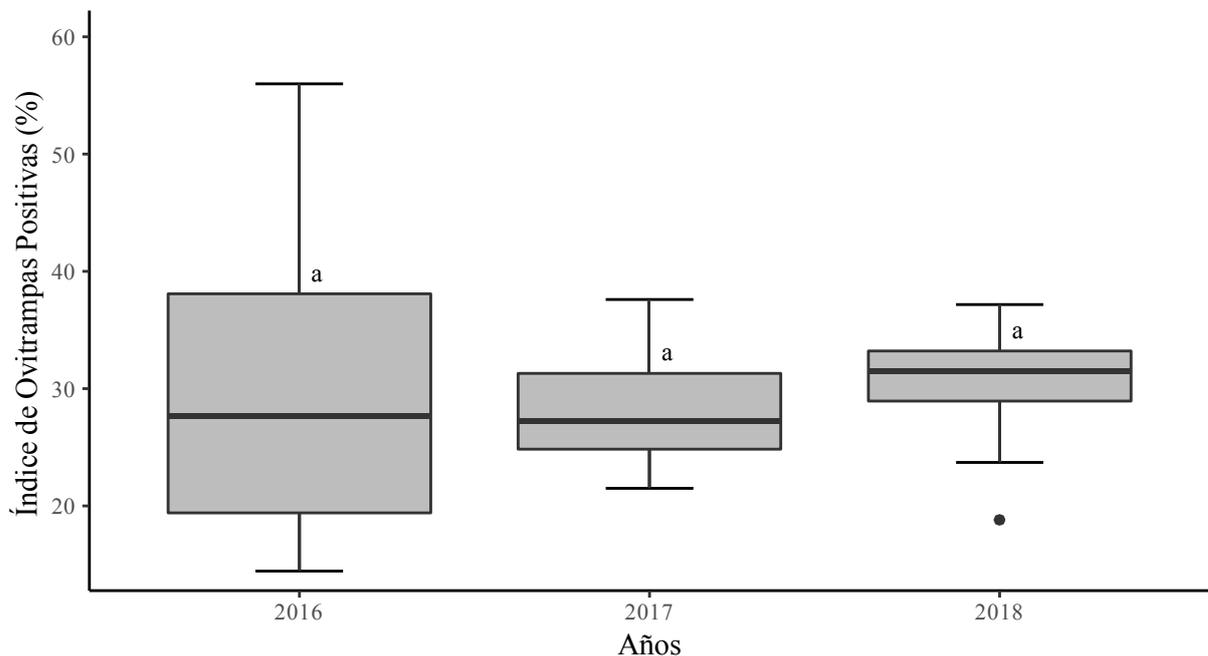


Figura 6. Índice de Ovitrampas Positivas anual de la Localidad de Tingo María, 2016-2018.

Por otro lado, el Índice de Densidad de Huevos (IDH) de *A. aegypti* en Tingo María entre los años 2016 al 2018 mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) debido a que la actividad de oviposición y densidad de las hembras de *A. aegypti* dependen de la variación de los factores ambientales del sector y año (Figura 7). Cabe resaltar,

que las ovitrampas tuvieron que ser instaladas en áreas de la vivienda que propicien la oviposición del vector como en jardines y patios con sombra y fuera del alcance de las mascotas o niños; sin embargo, el número de huevos de *A. aegypti* encontrados pueden variar por las diferentes actividades que se realizaron en cada una de estas viviendas. Además, no se descarta que la tendencia a encontrar un mayor número de huevos pueda ser por la regularidad de su instalación siendo lugares seguros para la actividad de oviposición (Alarcón *et al.*, 2014).

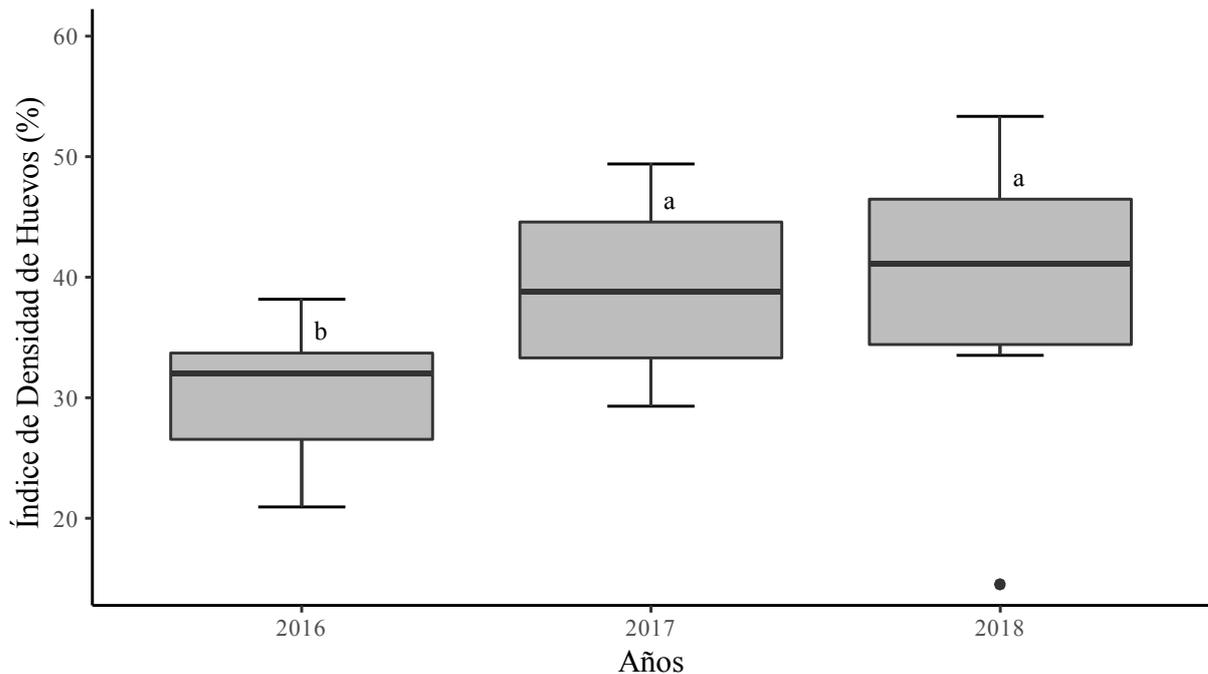


Figura 7. Índice de Densidad de Huevos anual de la Localidad de Tingo María, 2016-2018.

Sin embargo, las comparaciones múltiples señalan semejanza del IDH en los años 2017 y 2018 con un media anual de $38,88 \pm 7,15^a$ y $40,17 \pm 10,55^a$ respectivamente, diferentes a la media del IDH del 2016 con $30,48 \pm 5,75^b$; de este modo el IDH presentó una variación temporal con tendencia ascendente (Figura 7) a causa de la oviposición de *A. aegypti* de aproximadamente 200 huevos, pero en distintos recipientes compitiendo con las ovitrampas que se instalaron; además, las condiciones externas próximas a estas, como encontrar sangre de un hospedero es el principal factor para completar el ciclo gonotrófico que influyen en el número de huevos que se ovipositan (Jansen y Beebe, 2010; como se citó en Molina, 2018).

Además, la densidad de huevos de *A. aegypti* en Tingo María estuvo por debajo de lo encontrado en el municipio de Carepa, Colombia con $191,4 \pm 59,1$ huevos por ovitrampa (Alarcón *et al.*, 2014), o en Fernando de Noronha, Brasil con un máximo de 295

huevos por ovitrampa, a pesar de ser lugares con menor densidad demográfica y de viviendas en comparación al área de estudio (Regis *et al.*, 2014).

Por último, se evidenció que en el año 2016 todos los índices entomológicos excepto el IDH (Figuras 3, 4, 5 y 6), presentaron una mayor dispersión en comparación a los demás años, probablemente por diferencias en la temperatura y precipitación.

4.1.2. Variación de los factores ambientales

La localidad de Tingo María presentó dos estaciones bien marcadas, estaciones secas entre los meses de junio a septiembre con lluvias hasta por debajo de los 100 mm, y estaciones húmedas conformadas por el resto de meses donde se registraron precipitaciones mensuales que superaron los 280 mm, siendo el año de mayor precipitación el 2017 con 3758 mm (Figura 8C) seguido del año 2018 con 3576 mm (Figura 8D), en los cuales noviembre y marzo fueron los meses más lluviosos de cada año respectivamente. Cabe resaltar, que estas condiciones de estrés hídrico propician una mayor disponibilidad de criaderos para *Aedes aegypti* (Márquez *et al.*, 2019); por lo cual, en los años de mayor precipitación hubo aumento en los índices entomológicos (Figura 8).

Asimismo, según los diagramas de Walter-Lieth, en la localidad de Tingo María ocurrió un déficit hídrico en los años 2015 y 2017 (Figura 8A y 8C), donde se observa que en los meses de agosto, septiembre y julio la curva de temperatura media estuvo por encima de la curva de precipitación (43,5 y 26,9 mm). Por el contrario, en los años 2016, 2018 y 2019 (Figura 8B, 8D y 8E) a pesar de haber reportado precipitaciones mínimas de 77,7; 62,4 y 64,5 mm estas no estuvieron por debajo de la curva de temperatura media sugiriendo que la humedad relativa fue constante y no hubo déficit hídrico en estos años (Dávila, 2018).

Por otro lado, se observa que la máxima temperatura se alcanzó en el año 2015 con 32,4°C, la mínima en los años 2016 y 2018 con 19°C y la mayor temperatura media con 25,7±0,58°C ocurrió en el año 2016, encontrándose dentro del rango que favorecen al vector (Figura 8). A pesar de ello esta última no tuvo fluctuaciones en ningún año, debido a que el periodo estudiado presentó una amplitud térmica baja de 0,95 a 1,90°C propia de la zona tropical con estaciones secas y húmedas muy marcadas (Renee, 2017). Siendo compatible con las temperaturas registradas en los distritos de Callería, Yarinacocha y Sao Paulo, Brasil (Daza, 2018; Heinisch *et al.*, 2019) donde no hubo variaciones drásticas, porque también se ubican en la zona ecuatorial o tropical con temperaturas medias constantes.

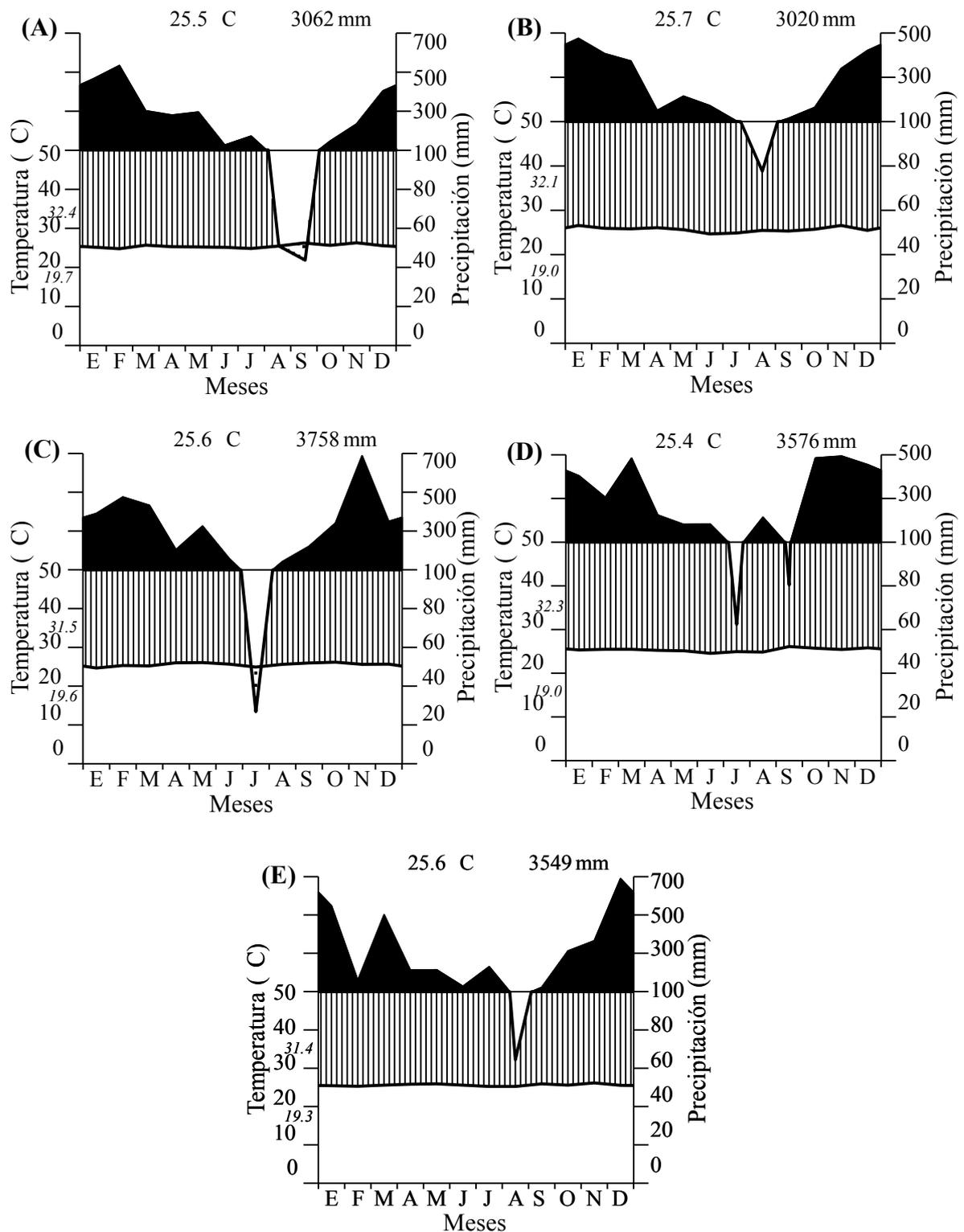


Figura 8. Diagramas de Walter-Lieth para la localidad de Tingo María, 2015-2019.

Con respecto a la humedad relativa, la Figura 9 grafica la variación de la concentración de vapor en el aire de Tingo María, en los cinco años analizados se tuvo un rango del 79 al 87% registrados en los años 2018 y 2017 respectivamente; coincidiendo con el rango

requerido para que *A. aegypti* sobreviva por mayor tiempo (Daza, 2018). Asimismo es importante identificar las variaciones de humedad relativa debido a que afectan de manera directamente proporcional en la actividad de oviposición (Márquez *et al.*, 2019).

En efecto, en el año 2017 se registró la mayor media con un $84,3 \pm 1,78\%$ y en el año 2016, la menor media de $82,5 \pm 1,31\%$ siendo en estos años donde la humedad relativa fue más constante presentando variaciones de tan solo del 4% de saturación de agua en el aire para ambos años (Dávila, 2018) (Figura 9).

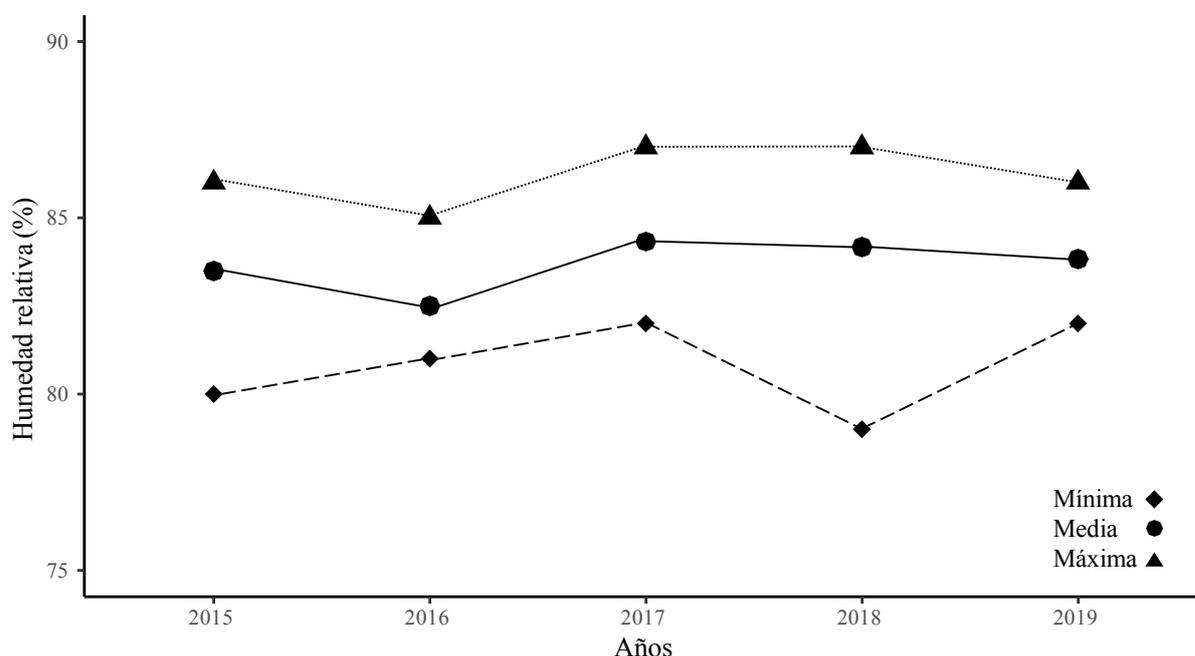


Figura 9. Humedad relativa de la localidad de Tingo María, periodo 2015-2019.

Por otro parte, la localidad de Tingo María en el periodo del 2015 al 2019, según el coeficiente pluviotérmico de Emberger presentó un clima húmedo; además, tiene influencia hiper oceánico como lo indicaron los índices de continentalidad de Gorezynski ($IC = -0,1895$) y Currey ($IC = 0,36$). Por otro lado, Tingo María se encuentra en una zona húmeda con grandes bosques o perhúmeda según los índices de aridez de Lang ($P_f = 132,79$) y Martonne ($I_a = 95,44$) respectivamente (Tabla 11).

Además, la relación entre la evapotranspiración y precipitación de los meses de junio, julio y agosto (Im_1 , Im_2 e Im_3) fueron menores a uno, indicando que la localidad de Tingo María se considera como territorio no mediterráneo (Tabla 11).

Tabla 11. Índices climáticos de Tingo María, 2015-2019.

Índice	Símbolo	Valor	Clima o zona
Emberger	Q	564,00	Húmedo
Aridez de Lang	P_f	132,79	Húmeda de grandes bosques
Aridez de Martonne	I_a	95,44	Per húmeda
	Im_1	0,979	
Mediterraneidad de S. Rivas Martínez	Im_2	0,851	No mediterráneo
	Im_3	0,934	
Continentalidad de Gorezynski	IC	-0,1895	Hiper oceánico
Continentalidad de Currey	IC	0,36	Hiper oceánico

Asimismo, los índices climáticos fueron similares a los determinados por Muñoz (2012), indicando de esta manera que la microcuenca río Bella y Tingo María comparten el mismo clima y zona. Sin embargo, habiendo empleado los valores de factores ambientales correspondientes a un periodo de cinco años (2015-2019), estos no son los suficientemente significativos para poder llegar a una conclusión certera sobre los índices climáticos de Tingo María por lo que solo demostró la tendencia climática de dicho periodo (Dávila, 2018).

4.2. Identificación de la distribución espacio-temporal de *Aedes aegypti* en Tingo María

Según el Índice Aédico la distribución espacial de *Aedes aegypti* se extiende por más del 2% de viviendas en los seis sectores epidemiológicos de la localidad de Tingo María, indicando predominancia de un alto riesgo entomológico durante todo el periodo del 2015 al 2019 (Figura 10). Sin embargo, en el año 2017 el sector VI presentó un mediano riesgo entomológico, donde el vector solo tuvo presencia en el 1,44% de viviendas, siendo el sector de menor distribución espacial de *A. aegypti* en todo el periodo estudiado (Figura 10C) probablemente porque ese año ocurrió un déficit hídrico, limitando la proliferación del vector.

Por otro lado los sectores con mayor distribución espacial según el IA fueron los sectores I y II en los años 2018 (Figura 10D) y 2019 (Figura 10E), áreas situadas en la parte central de la ciudad siendo un factor con influencia en la distribución del vector (Cabezas *et al.*, 2017), y donde *A. aegypti* tuvo presencia hasta en el 9,99 y 9,59% de viviendas respectivamente. Por el contrario, en el año 2015 (Figura 10A) Tingo María presentó los IA más bajos, siendo el año de menor distribución espacial de *A. aegypti* del periodo estudiado, donde ocurrió también un déficit hídrico sugiriendo que los factores ambientales influyeron en la densidad vectorial.

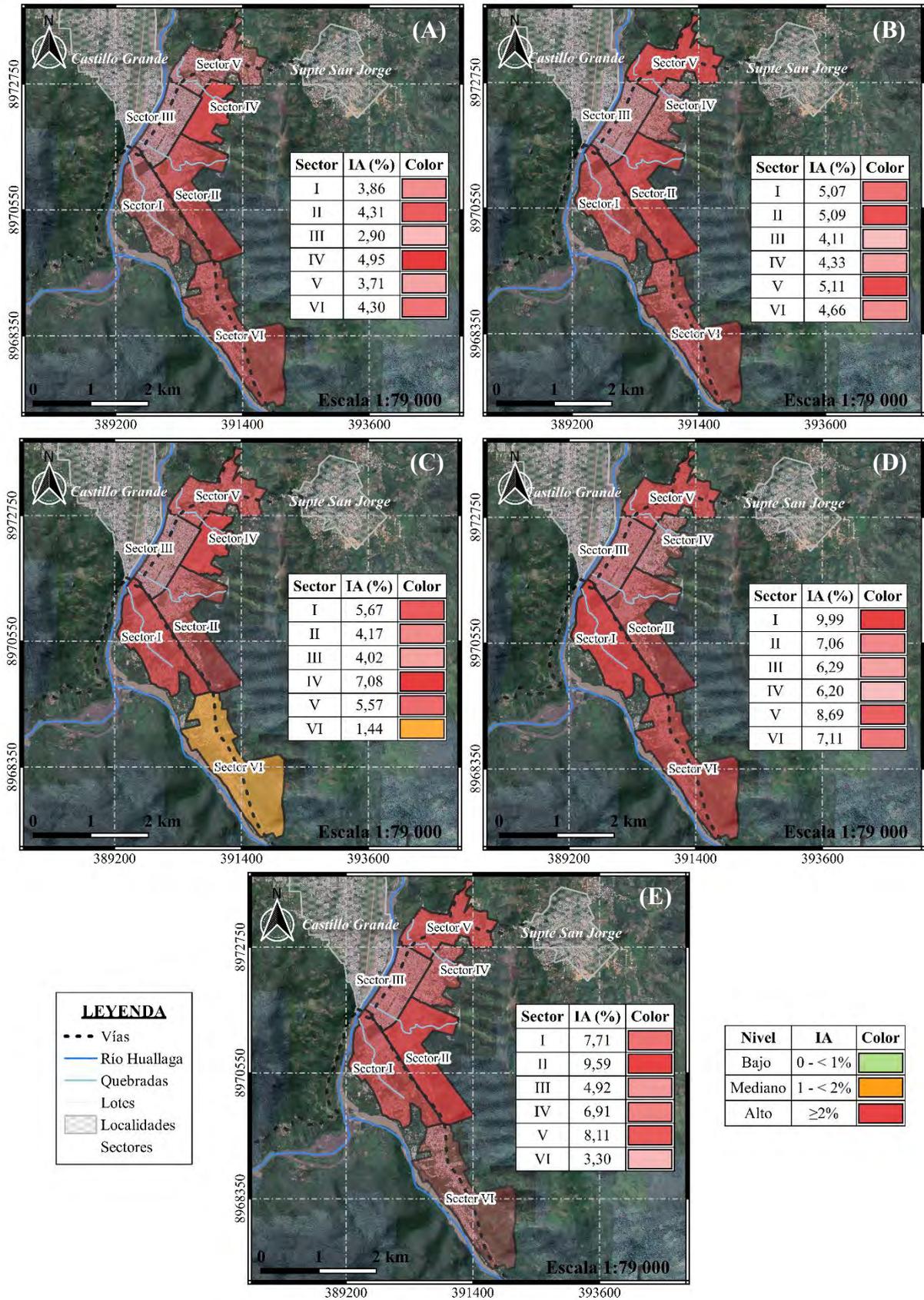


Figura 10. Mapas de Riesgo Entomológico por Índice Aédico de Tingo María, 2015-2019.

Estos resultados coinciden con el alto riesgo entomológico que reportaron en el distrito de Belén, Iquitos durante el periodo 2007-2009, aunque solo consideraron información de cuatro meses en cada año, y con el alto riesgo entomológico de la ciudad de Iquitos en los años 2011 y 2013 (Chávez y Paredes, 2011; Barboza y Ramírez, 2015). No obstante, a pesar de que Isla (2018) reportó IA menores en el distrito de Pillco Marca, los sectores tuvieron mediano y alto riesgo entomológico en el periodo 2016-2017, esto puede explicarse por la mayor densidad poblacional y factores ambientales diferentes a la ciudad de Tingo María.

Cabe resaltar, que la localidad de Tingo María tiene un área total de 724 ha, en donde se encontraron de 36 260 a 86 6652 huevos de *A. aegypti* presentando una distribución espacial en todos los sectores de la localidad; sin embargo, los niveles de riesgo entomológico indican una mayor densidad de huevos en el 64,4% con aumento progresivo al 100% del área total en el periodo 2016-2018 (Figura 11) algo que coincide con la interpolación realizada en dos municipios de Cundinamarca en el 2012 que permitió visualizar e identificar las áreas de mayor distribución de *A. aegypti* así como el riesgo entomológico. Sin embargo, es conveniente resaltar que aunque la Figura 10 señala el grado de infestación del vector, este no es suficiente para reflejar el riesgo de transmisión de arbovirus (Cabezas *et al.*, 2017).

En el año 2016 (Figura 11A) el 16,7% del área de Tingo María presentó una menor densidad de *A. aegypti* con riesgo entomológico Bajo, encontrándose principalmente en los sectores IV, V y VI donde también se pudo observar áreas con riesgo entomológico Medio y Alto ocupando el 10,2 y 8,6% del área respectivamente; no obstante, predominó el riesgo entomológico Muy Alto con una extensión del 64,4% en los sectores I, II y III están en el centro de la localidad de Tingo María, coincidiendo con Cabezas *et al.* (2017) y la afinidad a los centros urbanos que tiene *A. aegypti* dado que es una especie antropofílica adaptada a la urbe.

Asimismo, en el año 2017 (Figura 11B) *A. aegypti* presentó una mayor densidad en el 93,6% del área de Tingo María, donde se tuvo un riesgo entomológico por ovitrampas Muy Alto; no obstante, el sector VI presentó áreas con riesgo entomológico Bajo, Medio y Alto.

Por último, en el año 2018 (Figura 11C) los seis sectores de la localidad de Tingo María presentaron un riesgo entomológico por ovitrampas Muy Alto, indicando una densidad homogénea de *A. aegypti* en el 100% del área y la posible predisposición para transmitir arbovirus; lo cual no coincide con lo reportado por Jaimes (2018) en los sectores I y IV donde encontró 50 y 47,7 huevos por ovitrampa respectivamente; sin embargo, esta evaluación fue realizada solo entre los meses de junio a diciembre del 2018.

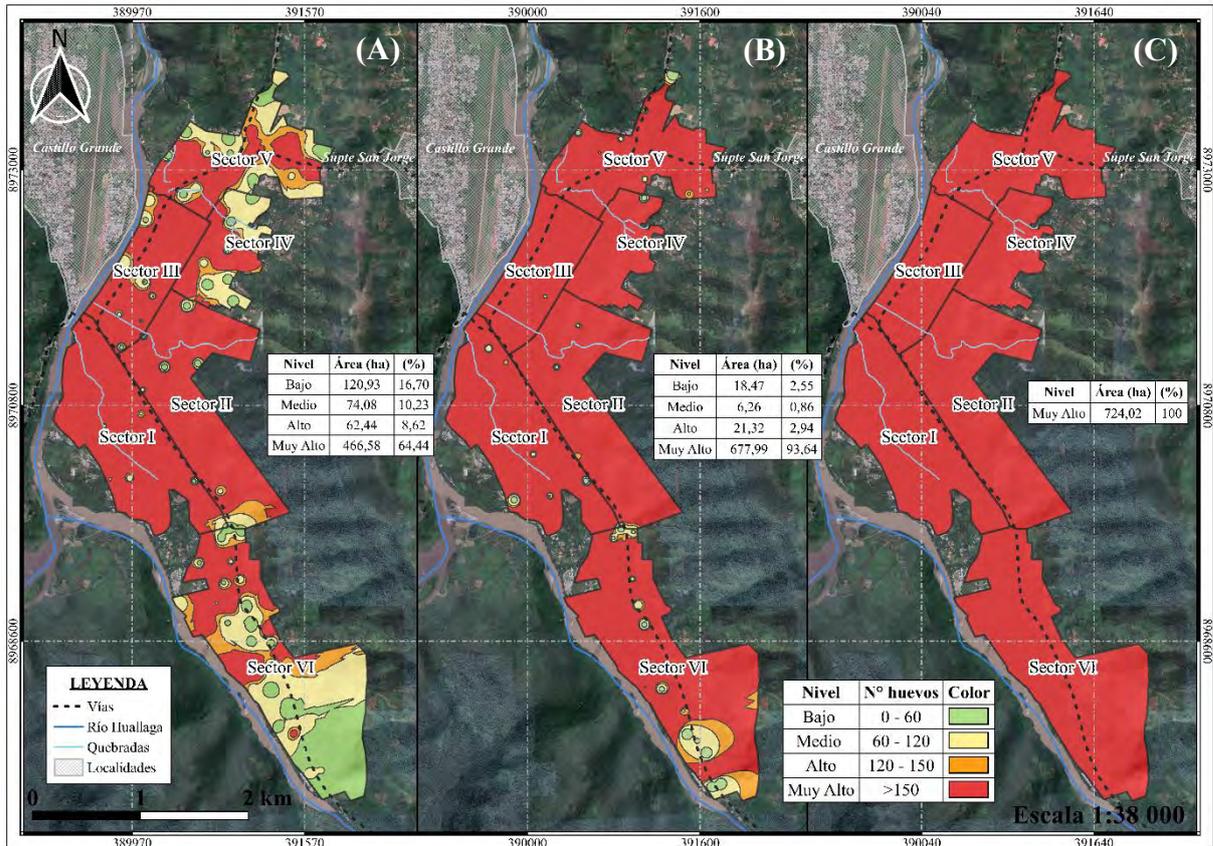
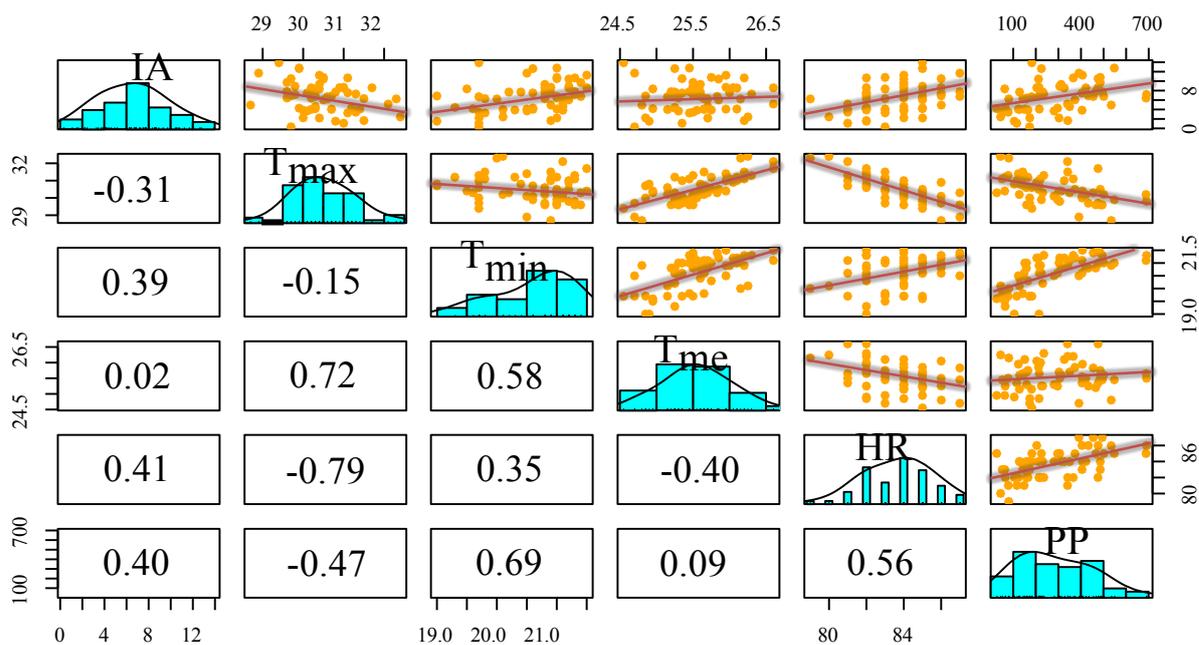


Figura 11. Mapas de Riesgo Entomológico por Ovitrampas de Tingo María, 2016-2018.

4.3. Estimación de la correlación entre la temperatura, precipitación, humedad relativa y la distribución espacio-temporal de *A. aegypti*

4.3.1. Modelo de regresión lineal múltiple del Índice Aédico

Al estimar el grado de relación entre el Índice Aédico y los factores ambientales se encontró que la temperatura media ($R = 0,02$; $p > 0,05$) y el IA presentaron una correlación nula y no significativa. Por otro lado la temperatura mínima ($R = 0,39$; $p < 0,05$), precipitación pluvial ($R = 0,40$; $p < 0,01$) y la humedad relativa ($R = 0,41$; $p < 0,01$) presentaron correlación positiva débil con el IA, es decir, que el porcentaje de viviendas positivas al vector *A. aegypti* tuvo una tendencia ascendente cuando los valores de estos factores ambientales aumentaron, debido a que, son necesarios para que sus huevos eclosionen y posteriormente las larvas se desarrollen (Chávez y Paredes, 2011). Por el contrario, el IA fue disminuyendo cuando la temperatura máxima aumentó, presentado una correlación negativa débil ($R = -0,31$; $p < 0,01$) (Figura 12).



Leyenda: IA: Índice Aédico, T_{max}: Temperatura máxima (°C), T_{min}: Temperatura mínima (°C), T_{me}: Temperatura media (°C), PP: Precipitación pluvial (mm) y HR: Humedad relativa (%).

Figura 12. Matriz de correlación entre el Índice Aédico y los factores ambientales de Tingo María.

La asociación de los factores ambientales con el IA concuerda con los hallazgos de Espinoza (2018) en Managua de una correlación negativa débil con la temperatura máxima ($R = -0,41$; $p < 0,01$) debido a que en ambos lugares se superaron la temperatura óptima de 27 a 28°C para la proliferación del vector, también reportó una correlación nula con la temperatura media ($R = -0,05$; $p = 0,96$) y correlación positiva media con la humedad relativa ($R = 0,53$; $p < 0,01$) similar a los reportado por Carrasquilla *et al.*(2016) en la ciudad de Colon, Panamá con correlación positiva débil con la humedad relativa ($R = 0,44$) siendo este último el factor ambiental de mayor influencia en la infestación de *A. aegypti* al igual que en la ciudad de Tingo María que, además, se encuentra en una zona Per húmeda o Húmeda con grandes bosques.

Sin embargo, no concuerda con Molina (2018) que determinó no haber correlación alguna entre la abundancia de *A. aegypti* con la temperatura ($p = 0,07$), precipitación ($p = 0,94$) y humedad relativa ($p = 0,41$) en las Islas Galápagos durante en el periodo 2017-2018; además, de la correlación positiva media con la precipitación ($R = 0,51$; $p < 0,01$) y correlación negativa muy débil con la temperatura máxima ($R = -0,24$; $p < 0,05$) en los distritos de Callería y Yarinacocha (Daza, 2018) confirmándose nuevamente que los factores ambientales pueden tener diferente nivel de asociación con el IA al variar el ámbito geográfico,

a causa de los cambios significativos que generan estos factores ambientales en el proceso de desarrollo del mosquito *A. aegypti* (Chanampa *et al.*, 2019).

En consecuencia, al estimar la ecuación que explique los valores del IA (Ecuación 12), las variables independientes obtuvieron coeficientes con aporte no significativo ($p > 0,05$); sin embargo, existió una regresión lineal múltiple muy significativa ($p < 0,01$).

$$\widehat{IA}_1 = -55.52 - 30.09 T_{max} - 28.95 T_{min} + 60.057 T_{me} + 0.493 HR + 0.002 PP \quad (12)$$

Además, la Ecuación 12 presentó un desempeño con un error estándar residual (Residual Standar Error o RSE por sus siglas en inglés) de 2,81 para los valores estimados y bondad de ajuste bajo ($R^2 = 0,255$) para explicar la variabilidad del IA.

Por lo tanto, se tuvo que seleccionar las variables con mayor aporte al modelo y con el criterio de información de Akaike (AIC) igual a 124,9; siendo la humedad relativa ($p < 0,05$) y temperatura mínima ($p < 0,05$) (Tabla 12) las que mejor describen al IA en la Ecuación 13, debido a que ambos factores prevalecen en la proliferación de *A. aegypti*.

$$\widehat{IA}_2 = -66,04 + 0,544 HR + 1,317 T_{min} \quad (13)$$

El modelo ajustado \widehat{IA}_2 presentó regresión lineal múltiple muy significativa ($p < 0,01$) donde el 95% de valores se encontraron entre 0,06 a 0,39 (Tabla 12).

Tabla 12. Parámetros y prueba de significancia del modelo ajustado \widehat{IA}_2 .

Fuente de variación	Estimadores	IC (0.95)	SE	tc	Pr(>t)	Sig.
(Intercepto)	-66.0398	[-101.7, -30.4]	17.8134	-3.707	0.000476	***
Humedad relativa	0.5436	[0.11, 0.98]	0.2159	2.517	0.014661	*
Temperatura mínima	1.3165	[0.15, 2.48]	0.5832	2.257	0.02784	*
RSE = 0.2765		$R^2 = 0.2366$	R^2 ajustado = 0.2098		p = 0.0004562	

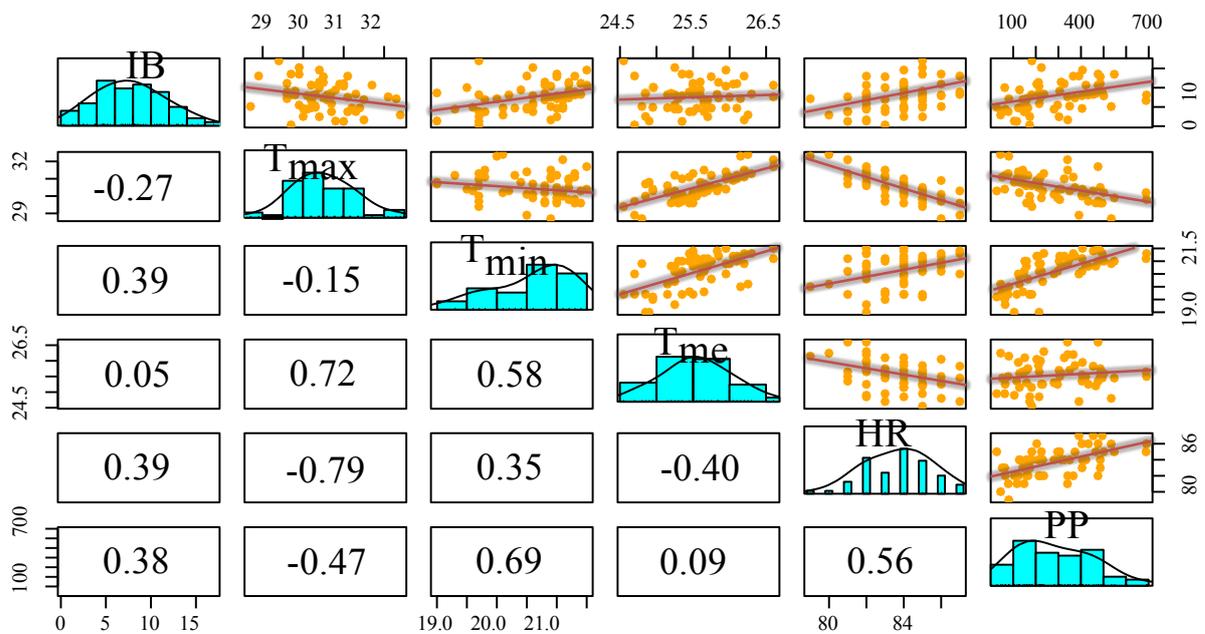
Poco significativo (*), Significativo (**), Muy significativo (***), No significativo (ns).

Además, cabe mencionar que aunque el RSE del modelo ajustado ha disminuido a 0,277 señalando una mejora en el desempeño de predicción, el R^2 ajustado resultante solo explica el 20,98% de la variabilidad en los valores del IA (Tabla 12) mientras que en Callería y Yarinacocha la temperatura máxima y precipitación pudieron explicar hasta el 25,91% de la variabilidad del IA, infiriendo la necesidad de considerar variables socioculturales para explicar el comportamiento del índice entomológico (Daza, 2018).

4.3.2. Modelo de regresión lineal múltiple del Índice de Breteau

Al determinar el grado de relación entre el Índice de Breteau y los factores ambientales, la temperatura mínima ($R = 0,39$; $p < 0,01$), humedad relativa ($R = 0,39$; $p < 0,01$) y la precipitación pluvial ($R = 0,38$; $p < 0,01$) presentaron una correlación positiva débil; por lo tanto, el número de viviendas con presencia de *A. aegypti* de cada 100 viviendas inspeccionadas aumentó cuando los valores de estos factores fueron mayores (Figura 13).

Por otro lado el IB tuvo tendencia negativa con el aumento de la temperatura máxima ($R = -0,27$; $p < 0,05$) y presentó correlación nula con la temperatura media ($R = 0,05$; $p > 0,05$) debido a la regularidad que presentó durante todo el periodo estudiado, siendo el comportamiento propio de un clima tropical (Heinisch *et al.*, 2019).



Leyenda: **IB**: Índice de Breteau, **T_{max}**: Temperatura máxima (°C), **T_{min}**: Temperatura mínima (°C), **T_{me}**: Temperatura media (°C), **PP**: Precipitación pluvial (mm) y **HR**: Humedad relativa (%).

Figura 13. Matriz de correlación entre el Índice de Breteau y los factores ambientales.

La Ecuación 14 explica los valores del IB con una regresión muy significativa ($p < 0,01$); sin embargo, el aporte de los coeficientes al modelo no tienen significancia ($p > 0,05$). Asimismo, el modelo estimado \hat{IB}_i explicó solo el 17,1% de su variabilidad (R^2) y su desempeño indicó un RSE de 3,43 para los valores estimados.

$$\hat{IB}_i = - 83,7 - 37,2 T_{max} - 36,1 T_{min} + 74,9 T_{me} + 0,668 HR + 0,003 PP \quad (14)$$

Por lo tanto, al ajustar y seleccionar el modelo con el AIC igual a -148,8 se encontró que la temperatura mínima ($p > 0,05$) y la humedad relativa ($p < 0,05$) (Tabla 13) son factores que determinan la cantidad de huevos que pasan al estadio larval (Chávez y Paredes, 2011); por lo tanto son las variables explicativas que mejor describen al IB en la Ecuación 15.

$$\hat{IB}_2 = -76,88 + 1,64T_{min} + 0,61HR \quad (15)$$

En el modelo ajustado \hat{IB}_2 existe regresión lineal múltiple muy significativa ($p < 0,01$) con intervalo de confianza al 95% de 0,05 a 0,38 que al igual que los intervalos de confianza para cada predictor no consideraron el cero (Tabla 13).

Tabla 13. Parámetros y prueba de significancia del modelo ajustado \hat{IB}_2 .

Fuente de variación	Estimadores	IC (0.95)	SE	tc	Pr(>t)	Sig.
(Intercepto)	-76.8844	[-120.4, -33.4]	21.7293	-3.538	0.000809	***
Temperatura mínima	1.6442	[0.22, 3.07]	0.7115	2.311	0.024474	*
Humedad relativa	0.6058	[0.08, 1.13]	0.2634	2.3	0.025148	*
RSE = 3.372		R ² = 0.2239	R ² ajustado = 0.1967		p = 0.0007282	

Poco significativo (*), Significativo (**), Muy significativo (***), No significativo (ns).

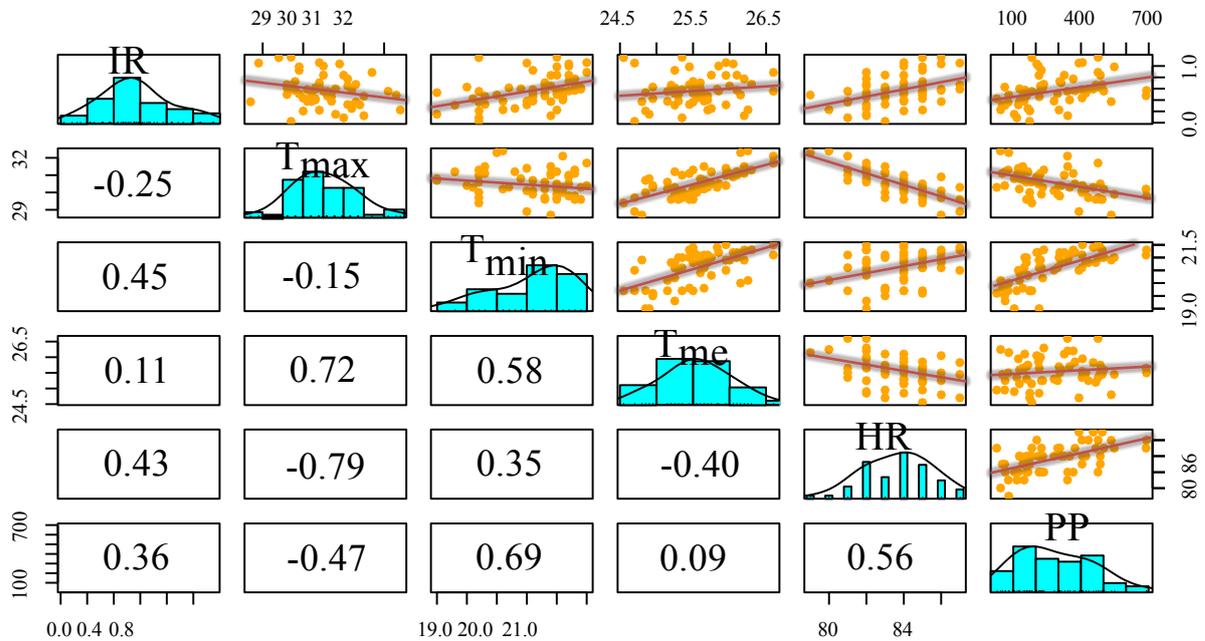
Asimismo, \hat{IB}_2 solo explica el 19,7% de la variabilidad del IB y el RSE se redujo a 3,37 indicando una mejora en el desempeño de estimación del modelo (Tabla 13). Sin embargo, los factores ambientales usados en la predicción no son suficientes para describir el comportamiento del porcentaje de recipientes positivos encontrados por cada 100 viviendas inspeccionadas.

4.3.3. Modelo de regresión lineal múltiple del Índice de Recipiente

El grado de asociación lineal estimado entre el Índice de Recipiente y los factores ambientales, señala que el IR presentó una correlación positiva muy débil y no significativa con la temperatura media ($R = 0,11$; $p > 0,05$); asimismo, presentó correlación negativa débil y no significativa con la temperatura máxima ($R = -0,27$; $p > 0,05$) por lo tanto, no existió influencia de estos factores ambientales sobre el IR (Figura 14).

Sin embargo, el porcentaje de recipientes positivos a la presencia de *A. aegypti* tuvo una tendencia ascendente con el aumento de los valores de temperatura mínima ($R = 0,45$; $p < 0,01$), humedad relativa ($R = 0,43$; $p < 0,01$) y la precipitación pluvial ($R = 0,36$;

$p < 0,01$) presentando una correlación positiva débil pero significativa (Figura 14) debido a que el área de estudio se encuentra en una zona con un clima húmedo con condiciones determinantes para el aumento de criaderos del vector *A. aegypti* (Márquez *et al.*, 2019).



Leyenda: **IR**: Índice de Recipiente, **T_{max}**: Temperatura máxima (°C), **T_{min}**: Temperatura mínima (°C), **T_{me}**: Temperatura media (°C), **PP**: Precipitación pluvial (mm) y **HR**: Humedad relativa (%).

Figura 14. Matriz de correlación entre el Índice de Recipiente y los factores ambientales.

Al estimar el modelo que explique los valores del IR usando todos los factores ambientales seleccionados para este estudio, se obtuvo la Ecuación 16 con una regresión lineal múltiple muy significativa ($p < 0,01$); no obstante, solo el coeficiente de la humedad relativa tiene aporte significativo al modelo ($p < 0,05$) por lo cual \widehat{IR}_1 es inadecuado para describir los valores del IR. Asimismo, el modelo estimado presentó un coeficiente de determinación (R^2) capaz de explicar el 32,6 % de la variabilidad del IR y un desempeño con RSE de 0,23 para los valores estimados de IR.

$$\widehat{IR}_1 = -9,75 - 2,89 T_{max} - 2,80 T_{min} + 5,89 T_{me} + 0,071 HR - 0,00004 PP \quad (16)$$

La selección de variables para ajustar el modelo del IR con un valor AIC igual a -174,1 señaló que la temperatura mínima ($p > 0,01$) y la humedad relativa ($p < 0,05$) (Tabla 14) son los factores ambientales que mejor describen al IR en la Ecuación 17.

$$\widehat{IR}_2 = -6,16 + 0,14 T_{min} + 0,47 HR \quad (17)$$

El modelo ajustado \hat{IR}_2 presentó regresión lineal múltiple muy significativa ($p < 0,01$) con intervalo de confianza al 95% de 0,09 a 0,44 teniendo similitud con las variables explicativas al no incluir al cero dentro de sus intervalos de confianza (Tabla 14).

Tabla 14. Parámetros y prueba de significancia del modelo ajustado \hat{IR}_2 .

Fuente de variación	Estimadores	IC (0.95)	SE	tc	Pr(>t)	Sig.
(Intercepto)	-6.16202	[-9.11, -3.21]	1.47383	-4.181	0.000101	***
Temperatura mínima	0.13713	[0.04, 0.23]	0.04826	2.842	0.006216	**
Humedad relativa	0.04666	[0.01, 0.08]	0.01787	2.611	0.011506	*
RSE = 0.2877	R ² = 0.2877		R ² ajustado = 0.2627		p = 0.0006318	

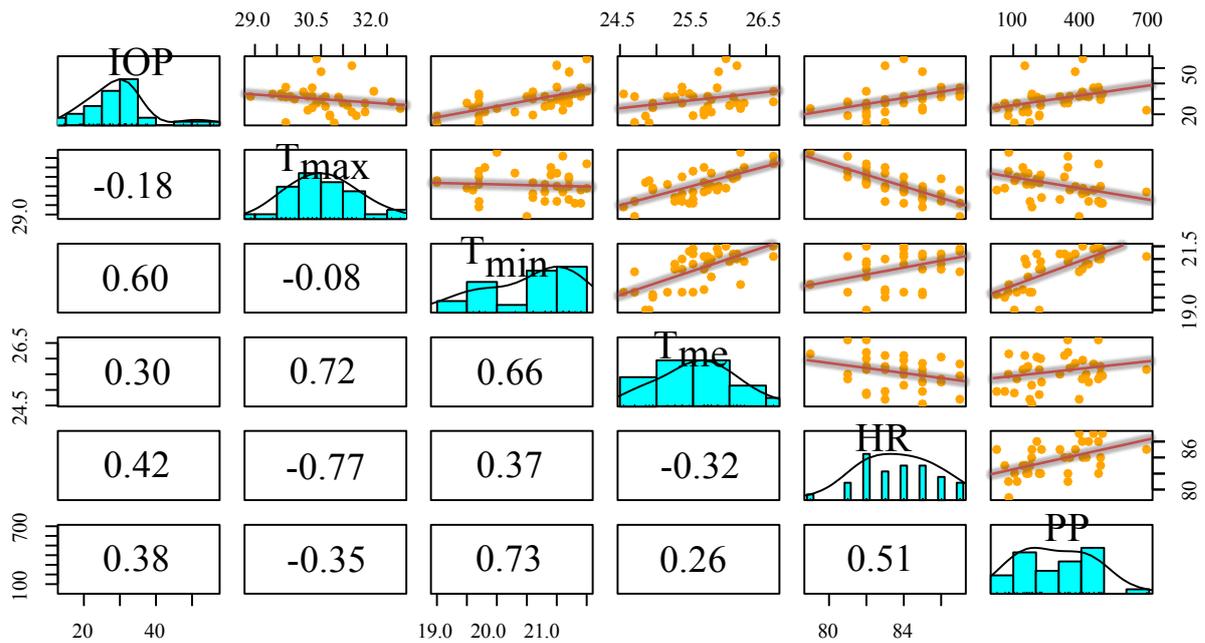
Poco significativo (*), Significativo (**), Muy significativo (***), No significativo (ns).

Asimismo, este modelo ajustado \hat{IR}_2 es útil para explicar el 26,3% de la variabilidad del porcentaje de recipientes positivos al vector *A. aegypti* en Tingo María con un RSE de 0,288 lo cual indica que no hubo mejoras en el desempeño (Tabla 14) sugiriendo que se debieron añadir factores socioculturales al modelo para lograr un mayor ajuste (Mego, 2018).

No obstante, la ecuación obtenida puede contribuir en el análisis del comportamiento del porcentaje de recipientes positivos a larvas y/o pupas de *A. aegypti* que podemos encontrar con determinados cambios de la temperatura y humedad (Carrasquilla *et al.*, 2016).

4.3.4. Modelo de regresión lineal múltiple del Índice de Ovitrampas Positivas

La Figura 15 muestra el grado en que el IOP y los factores ambientales de Tingo María se asocian, encontrándose una correlación negativa muy débil entre el IOP y la temperatura máxima ($R = -0,18$; $p > 0,05$). Por otro lado, el porcentaje de ovitrampas positivas aumentó cuando los valores de humedad relativa ($R = 0,42$; $p < 0,05$), precipitación pluvial ($R = 0,38$; $p < 0,05$) y la temperatura media ($R = 0,30$; $p > 0,05$) aumentaron debido a la correlación positiva débil que presentaron; sin embargo, este último tuvo una correlación no significativa. Por el contrario, el IOP presentó una correlación positiva media con la temperatura mínima ($R = 0,60$; $p < 0,01$) siendo el factor ambiental que mejor se asoció con la proporción de ovitrampas positivas, debido a que la actividad reproductiva del vector *Aedes aegypti* es mayor en lugares con temperaturas mínimas por encima de los 10°C (Molina, 2018), como lo sucedido en Tingo María con temperaturas mínimas entre 19 a 21,5°C.



Leyenda: **IOP**: Índice de Ovitrampas Positivas, **T_{max}**: Temperatura máxima (°C), **T_{min}**: Temperatura mínima (°C), **T_{me}**: Temperatura media (°C), **PP**: Precipitación pluvial (mm) y **HR**: Humedad relativa (%).

Figura 15. Matriz de correlación del Índice de Ovitrampas Positivas y factores ambientales de Tingo María.

Al estimar la ecuación donde los factores ambientales describan los valores del IOP se obtuvo la Ecuación 18 que presentó una regresión lineal múltiple muy significativa ($p < 0,01$), un RSE de 7,23 y un R^2 ajustado de 0,35. Sin embargo, los coeficientes no aportan significativamente al modelo ($p > 0,05$); por lo tanto, la ecuación de regresión múltiple \widehat{IOP}_1 no permite predecir el porcentaje de ovitrampas positivas al vector *A. aegypti* en Tingo María.

$$\widehat{IOP}_1 = - 307 - 59,6 T_{max} - 52,4 T_{min} + 121,1 T_{me} + 1,74 HR - 0,015 PP \quad (18)$$

De modo que se seleccionaron las variables para obtener el modelo ajustado del IOP obteniendo la Ecuación 19 (AIC = 143,9), el cual tiene como predictores a la temperatura mínima con aporte significativo ($p < 0,05$) y humedad relativa con aporte no significativo ($p > 0,05$) (Tabla 15).

$$\widehat{IOP}_2 = - 189,5 + 6,35T_{min} + 1,06 HR \quad (19)$$

Asimismo, la Ecuación 19 presentó regresión lineal múltiple muy significativa ($p < 0,01$) con intervalo de confianza al 95% de 0,13 a 0,57 coincidiendo con las variables predictoras al no incluir al cero dentro de sus intervalos de confianza (Tabla 15).

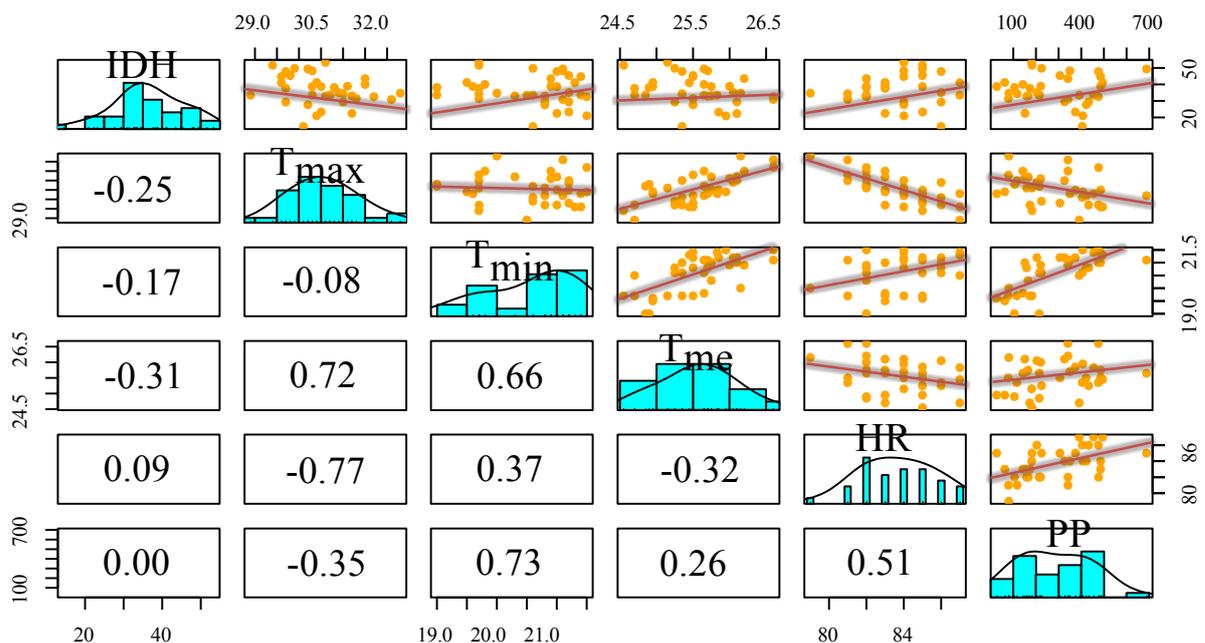
Tabla 15. Parámetros y prueba de significancia del modelo ajustado \widehat{IOP}_2 .

Fuente de variación	Estimadores	IC (0.95)	SE	tc	Pr(>t)	Sig.
(Intercepto)	-189.535	[-298.2, -80.3]	53.7101	-3.529	0.00125	**
Temperatura mínima	6.3455	[2.76, 9.93]	1.7608	3.604	0.00102	**
Humedad relativa	1.059	[-0.28, 2.40]	0.6595	1.606	0.11789	ns
RSE = 7.097		R ² = 0.4102	R ² ajustado = 0.3744		p = 0.0001649	

Poco significativo (*), Significativo (**), Muy significativo (***), No significativo (ns).

Así pues, el modelo ajustado \widehat{IOP}_2 permitió explicar el 37,4% de la variabilidad del porcentaje de ovitrampas positivas al vector *A. aegypti* en Tingo María con un RSE de 7,09 para los valores estimados (Tabla 15) indicando mejoras en el ajuste y desempeño del modelo.

4.3.5. Modelo de regresión lineal múltiple del Índice de Densidad de Huevos



Leyenda: **IDH**: Índice de Densidad de Huevos, **T_{max}**: Temperatura máxima (°C), **T_{min}**: Temperatura mínima (°C), **T_{me}**: Temperatura media (°C), **PP**: Precipitación pluvial (mm) y **HR**: Humedad relativa (%).

Figura 16. Matriz de correlación entre el Índice de Densidad de Huevos y los factores ambientales de Tingo María.

La matriz de correlación del IDH y los factores ambientales (Figura16) indican que la densidad de huevos de *A. aegypti* no tuvo asociación con la humedad relativa (R = 0,09; p>0,05) y precipitación pluvial (R = 0; p>0,05) debido a que presentaron una correlación

nula y no significativa. Sin embargo, el IDH presentó correlación negativa débil con la temperatura media ($R = -0,31$; $p > 0,05$) y máxima ($R = -0,25$; $p > 0,05$); y muy débil con la temperatura mínima ($R = -0,17$; $p > 0,05$).

Al estimar la ecuación que describa los valores del IDH usando como predictores a los factores ambientales se obtuvo la Ecuación 20 con una regresión lineal múltiple no significativa ($p > 0,05$); asimismo, los coeficientes estimados no tuvieron aporte alguno al modelo de regresión ($p > 0,05$).

Por lo tanto, la ecuación de regresión múltiple \widehat{IDH}_1 no es adecuada para predecir la densidad de huevos de *A. aegypti* debido también a su bajo desempeño con un RSE de 9,14 y un R^2 ajustado de -0,037 señalando que no existe un buen ajuste del modelo de regresión con los datos tomados en la vigilancia por ovitrampas (Ecuación 20).

$$\widehat{IDH}_1 = 266,4 - 20 T_{max} - 18,8 T_{min} + 32,1 T_{me} - 0,65 HR + 0,0063 PP \quad (20)$$

Por consiguiente el modelo ajustado del IDH a través de la selección de variables se muestra en la Ecuación 21 ($AIC = 157,3$), teniendo como único predictor a la temperatura media.

$$\widehat{IDH}_2 = 176,8 - 5,49 T_{me} \quad (21)$$

Asimismo, la ecuación de regresión múltiple \widehat{IDH}_2 , en comparación a la Ecuación 20, presentó una mayor precisión y ajuste con un RSE de 8,65 y R^2 ajustado de 0,071 (Tabla 16).

Tabla 16. Parámetros y prueba de significancia del modelo ajustado \widehat{IDH}_2 .

Fuente de variación	Estimadores	IC (0.95)	SE	tc	Pr(>t)	Sig.
(Intercepto)	176.839	[27.8, 325.9]	73.341	2.411	0.0215	*
Temperatura media	-5.491	[-11.3, 0.34]	2.869	-1.914	0.0641	ns
RSE = 8,648		$R^2 = 0,09725$		R^2 ajustado = 0,0707		$p = 0,0641$

Poco significativo (*), Significativo (**), Muy significativo (***), No significativo (ns).

Sin embargo, la prueba de significancia del modelo ajustado \widehat{IDH}_2 señala que no existe regresión significativa ($p > 0,05$) y que la temperatura media no tuvo aporte significativo ($p > 0,05$), en efecto no hubo mejoras en el modelo (Tabla 16).

4.3.6. Validación de los modelos ajustados para los índices entomológicos

La regresión por pasos al mismo tiempo que permitió la selección de variables con mayor aporte para el ajuste de los modelos, fue eliminando las variables con valores altos del VIF hasta que sean menor o igual a cinco ($VIF \leq 5$) para solucionar la multicolinealidad identificada entre los factores ambientales como la temperatura máxima, media y humedad relativa con coeficientes de correlación considerables, como se puede observar en las Figuras 12,13,14, 15 y 16 (Gimenez *et al.*, 2020).

Sin embargo, estos procesos estadísticos no fueron suficientes para la validación de los modelos; por lo tanto, se verificó si los modelos ajustados cumplen con los supuestos de Linealidad, Normalidad, Homocedasticidad e Independencia (Tabla 17).

Tabla 17. Supuestos estadísticos para los modelos de regresión lineal múltiple ajustados.

Modelos ajustados	Linealidad	Normalidad ¹	Homocedasticidad ¹	Independencia ¹
	Media residual	Lillie K-S	Breusch-Pagan	Durbin-Watson
\hat{IA}_2	4,86E-18	0,146	0,244	0,545
\hat{IB}_2	1,25E-17	0,172	0,143	0,543
\hat{IR}_2	-1,45E-18	0,193	0,138	0,047 ^{ns}
\hat{IOP}_2	-2,47E-16	0,005 ^{ns}	0,329	0,189
\hat{IDH}_2	-5,72E-16	0,892	0,565	0,463

¹ Los p-valor evaluados mediante pruebas estadísticas al 99% de significancia ($\alpha = 0,01$). No significativo (ns).

En el análisis exploratorio para el modelo ajustado \hat{IA}_2 se observa que la dispersión de los residuos alrededor del error residual cero (Figura 17A) y la media residual semejante a cero (Tabla 17) señalaron relación lineal entre la humedad relativa, temperatura mínima y la media del IA; el gráfico Q-Q sugiere que los errores residuales se ajustan a una distribución normal (Figura 17B) siendo confirmado por la prueba de Lilliefors K-S ($p > 0,01$) con un valor de 0,15 (Tabla 17). Además, la distribución de la raíz de los residuos estandarizados en todo el rango de la variable dependiente sin algún patrón específico (Figura 17C) y la prueba Breusch-Pagan con valor de 0,24 ($p > 0,01$) indicaron homocedasticidad (Tabla 17). Por otro lado, los residuos estandarizados sin ningún patrón (Figura 17D) así como el test

de Durbin-Watson de valor 0,55 ($p > 0,01$) confirmaron que los residuos del \widehat{IA}_2 tienen independencia entre sí (Tabla 17).

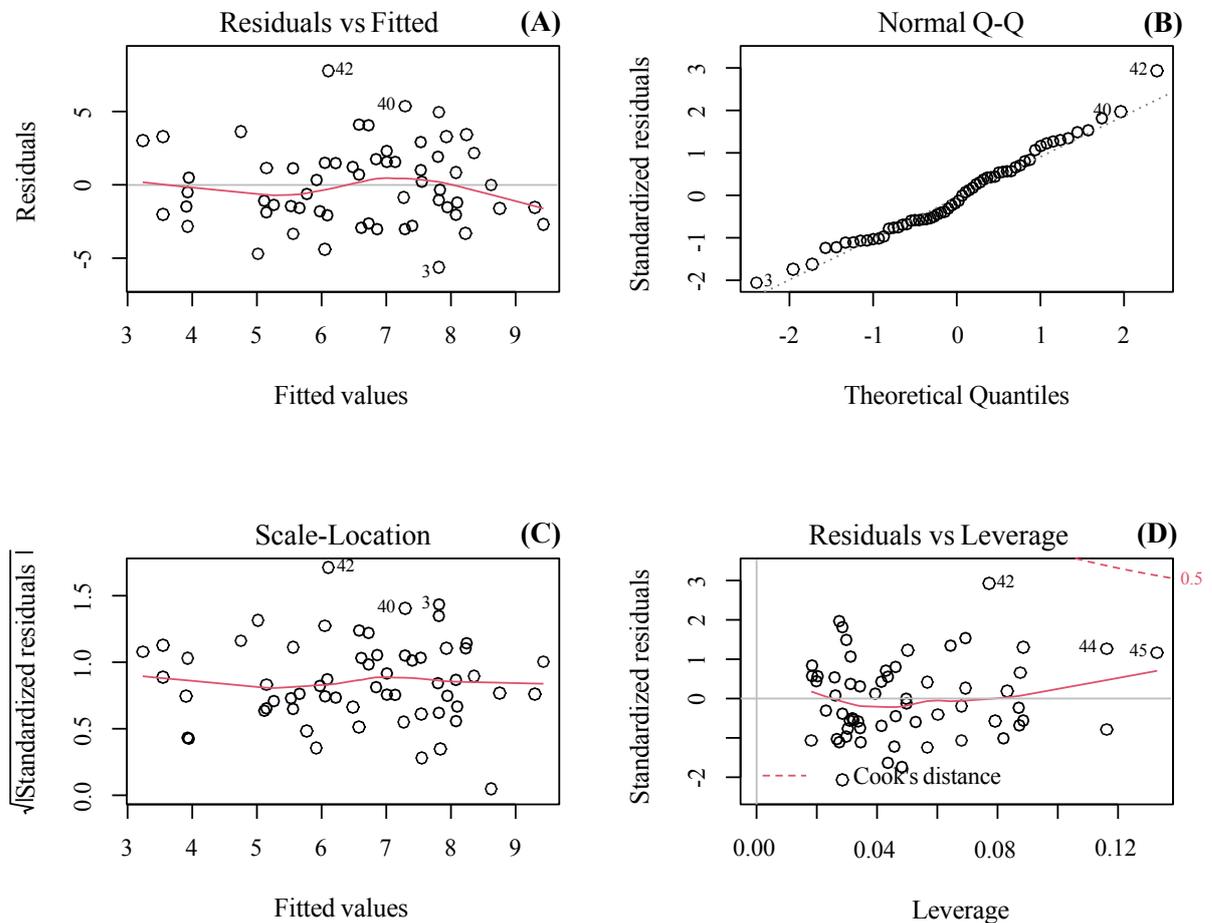


Figura 17. Diagnóstico del modelo ajustado para el Índice Aédico.

Por lo tanto, el modelo ajustado \widehat{IA}_2 es adecuado para explicar los valores del IA de Tingo María señalando que el porcentaje de viviendas positivas al vector *A. aegypti* aumentó en 0,544% cuando la humedad relativa aumentó en una unidad, y en 1,317% cuando la temperatura mínima aumentó 1°C, dado que la transición entre los estadios inmaduros del vector son sensibles ante los cambios de estos factores ambientales (Molina, 2018, p. 13).

En cuanto al diagnóstico del modelo ajustado \widehat{IB}_2 se observa que la dispersión aleatoria de los residuos alrededor de cero (Figura 18A) y la media residual similar a cero (Tabla 17) indicaron relación lineal entre la temperatura mínima, humedad relativa y la media del IB; los errores residuales con distribución sinusoidal respecto a la línea de tendencia del gráfico Q-Q (Figura 18B) y la prueba de Lilliefors K-S con valor de 0,17 ($p > 0,01$) señalaron normalidad (Tabla 17). Además, la distribución de la raíz de los residuos estandarizados en todo

el rango de la variable dependiente sin algún patrón específico (Figura 18C) y la Breusch-Pagan con valor de 0,14 ($p > 0,01$) indicaron varianza constante (Tabla 17). Por último, los residuos estandarizados sin ningún patrón (Figura 18D) así como un valor de 0,54 en el test de Durbin-Watson de ($p > 0,01$) confirmaron independencia entre los errores del $\hat{I}B_2$ (Tabla 17).

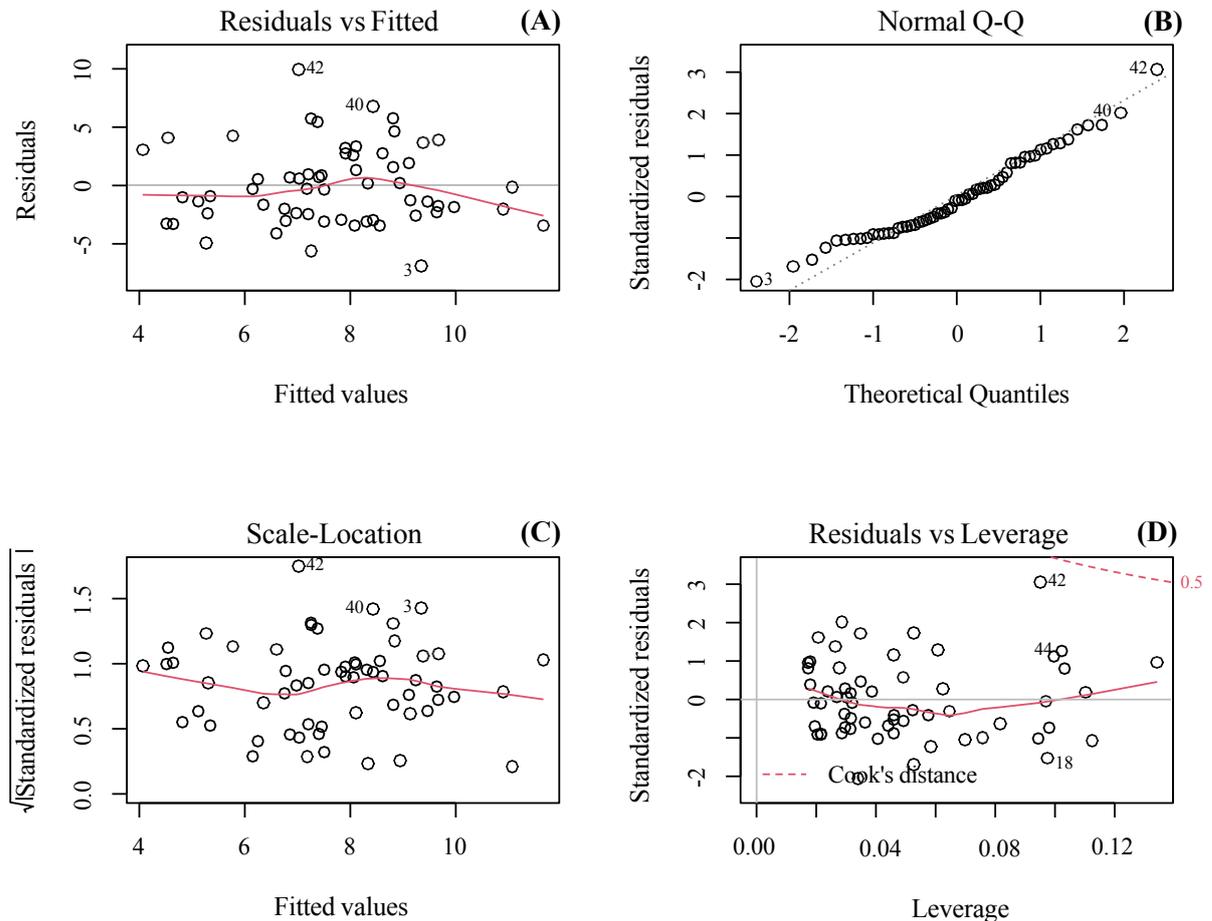


Figura 18. Diagnóstico del modelo ajustado para el Índice de Breteau.

En consecuencia, el modelo ajustado $\hat{I}B_2$ es adecuado para señalar que el número de viviendas con presencia de *A. aegypti* de cada 100 viviendas inspeccionadas aumentó en 1,64 con un aumento de 1°C en la temperatura mínima y aumentó en 0,61 cuando la temperatura relativa aumentó 1%, reafirmando la relación de la dinámica poblacional de *A. aegypti* con los factores ambientales (Daza, 2018).

Por otra parte, en el diagnóstico del modelo ajustado $\hat{I}R_2$ se aprecia que la dispersión de los residuos alrededor del cero (Figura 19A) y la media residual cercano a cero señalaron relación lineal entre las variables predictoras y la media del IR; el grafico Q-Q sugirió que los errores residuales se ajustan a una distribución normal (Figura 19B) siendo confirmado

por la prueba de Lilliefors K-S ($p > 0,01$) con un valor de 0,19 (Tabla 17). Asimismo, al no haber ningún patrón específico en la distribución de la raíz de los residuos estandarizados (Figura 19C) y la prueba Breusch-Pagan con valor de 0,14 ($p > 0,01$) indicaron homocedasticidad (Tabla 17). Por último, la ausencia de patrones en la dispersión de los residuos estandarizados (Figura 19D) así como el test de Durbin-Watson con un valor de 0,47 ($p > 0,01$) confirmaron independencia entre los errores del \widehat{IR}_2 (Tabla 17).

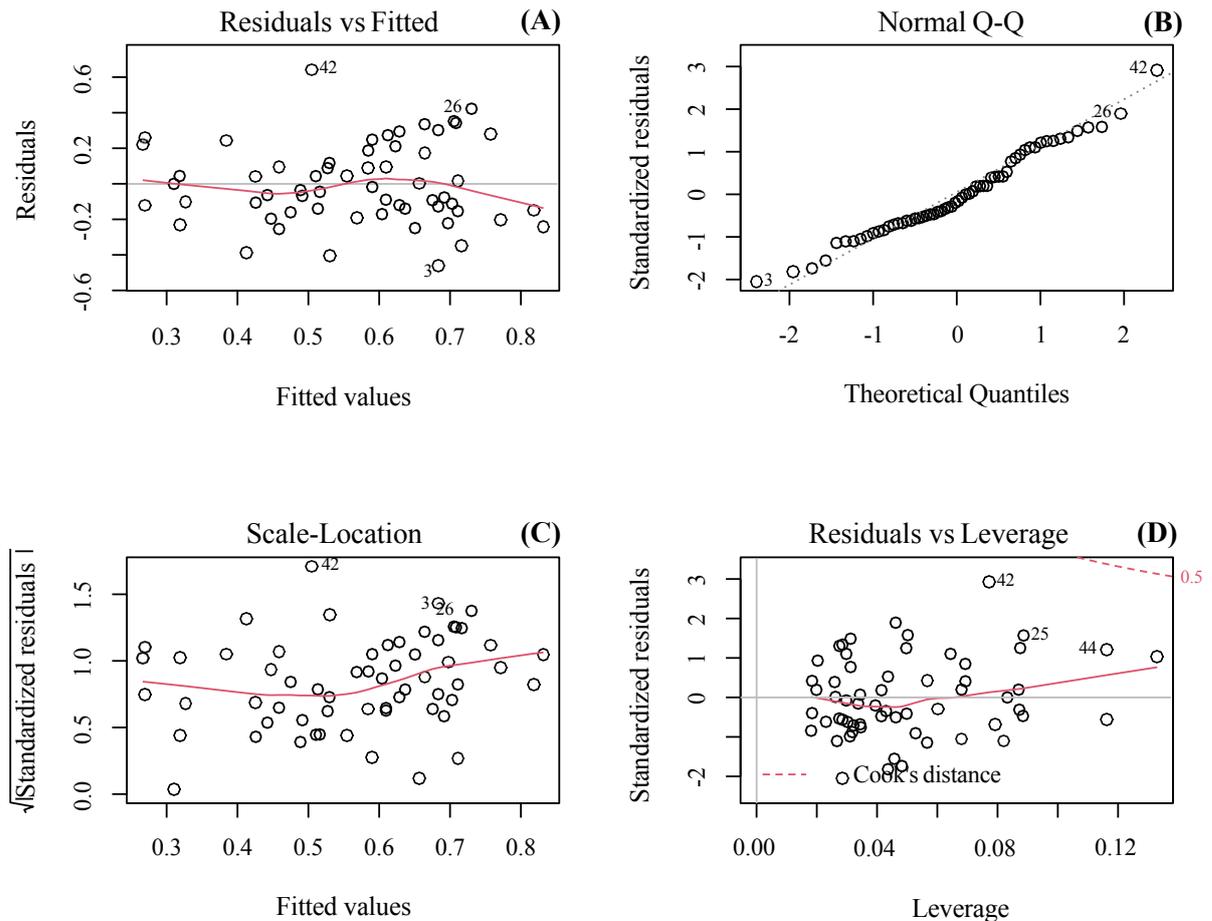


Figura 19. Diagnóstico del modelo ajustado para el Índice de Recipiente.

Por lo cual el modelo ajustado \widehat{IR}_2 es válido para estimar los valores del porcentaje de recipientes positivos al vector *A. aegypti* explicando que estuvo aumentando en 0,14% cuando la temperatura mínima aumentó 1°C, y 0,47% con el aumento del 1% en la humedad relativa, concordando con el comportamiento de los otros índices entomológicos como el IA e IB que se calcularon a partir de la vigilancia por inspección de viviendas.

Con respecto al diagnóstico del modelo ajustado \widehat{IOP}_2 se observa que la media residual similar a cero (Tabla 17) y la dispersión aleatoria de los residuos alrededor de

cero (Figura 20A) indicaron linealidad; además, la distribución de la raíz de los residuos estandarizados sin algún patrón específico (Figura 20C) y la prueba Breush-Pagan con valor de 0,33 ($p > 0,01$) indicaron homocedasticidad (Tabla 17). Por otro lado, los residuos estandarizados sin algún patrón claro (Figura 20D) así como un valor de 0,19 en el test de Durbin-Watson de ($p > 0,01$) confirmaron independencia entre los errores del \widehat{IOP}_2 (Tabla 17). No obstante, el alejamiento de los errores residuales respecto a la línea de tendencia del gráfico Q-Q (Figura 20B) y el test de Lilliefors K-S con valor de 0,005 ($p < 0,01$) señalaron que no se cumple con la normalidad (Tabla 17).

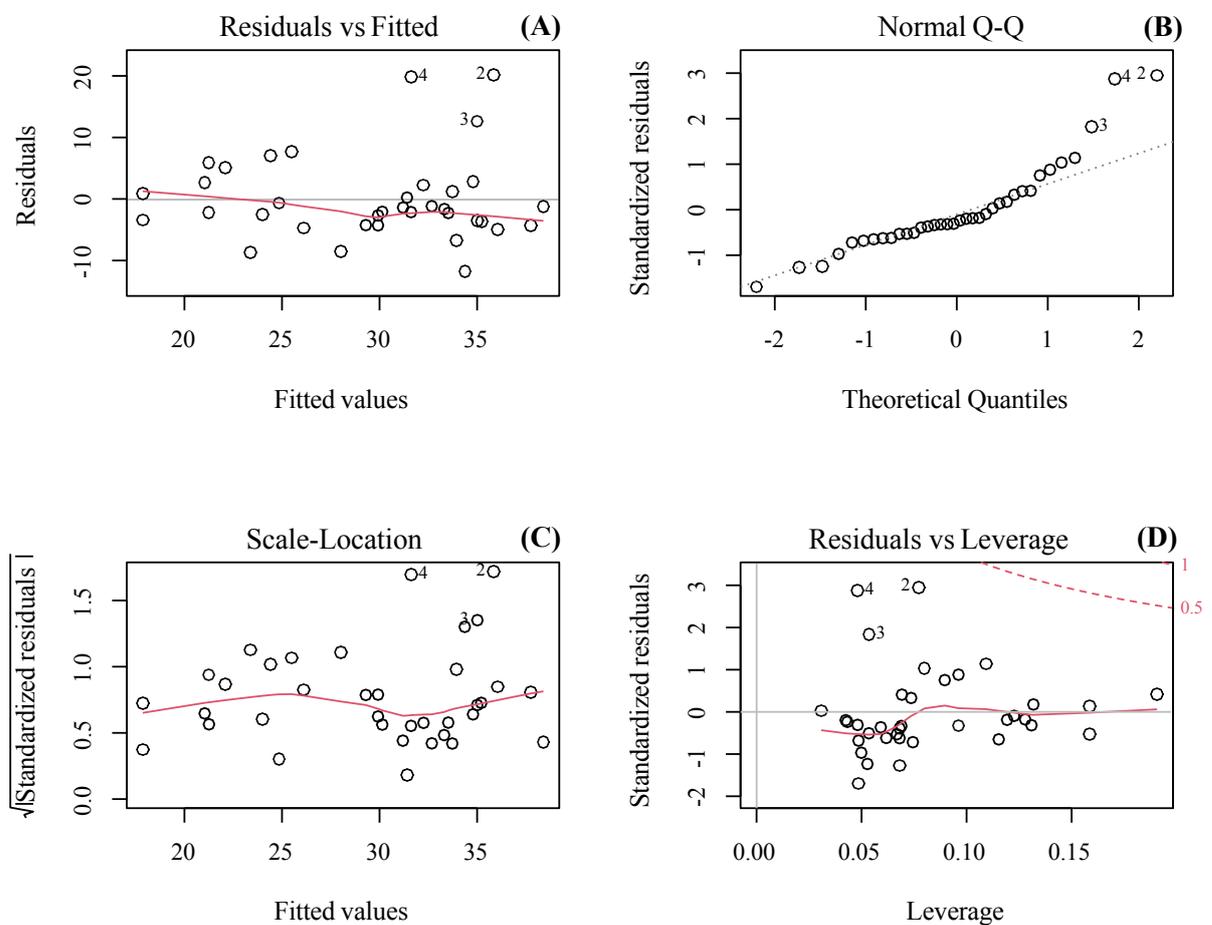


Figura 20. Diagnóstico del modelo ajustado para el Índice de Ovitrampas Positivas.

Como resultado el modelo ajustado \widehat{IOP}_2 no cumplió con todos los supuestos y es inadecuado para estimar la proporción de ovitrampas positivas al vector *A. aegypti* en Tingo María. Coincidiendo con el modelo de regresión múltiple para el IOP de la ciudad de Resistencia, Argentina que no pudo explicar la relación con los factores ambientales (Gimenez *et al.*, 2020), lo que puede deberse a la humedad relativa y temperaturas por encima del 80% y los 30°C limitantes para la reproducción del culicido (Chanampa *et al.*, 2019).

Por otro, las pruebas estadísticas de Lilliefors, Breusch-Pagan y Durbin-Watson (Tabla 17) así como el diagnóstico de los residuos del modelo ajustado \widehat{IDH}_2 indicaron que sus errores tienen linealidad (Figura 21A), distribución normal (Figura 21B), varianza constante (Figura 21C) y no están correlacionados (Figura 21D). Sin embargo, es importante resaltar que el modelo ajustado \widehat{IDH}_2 no tuvo significancia ($p < 0,05$) (Tabla 17).

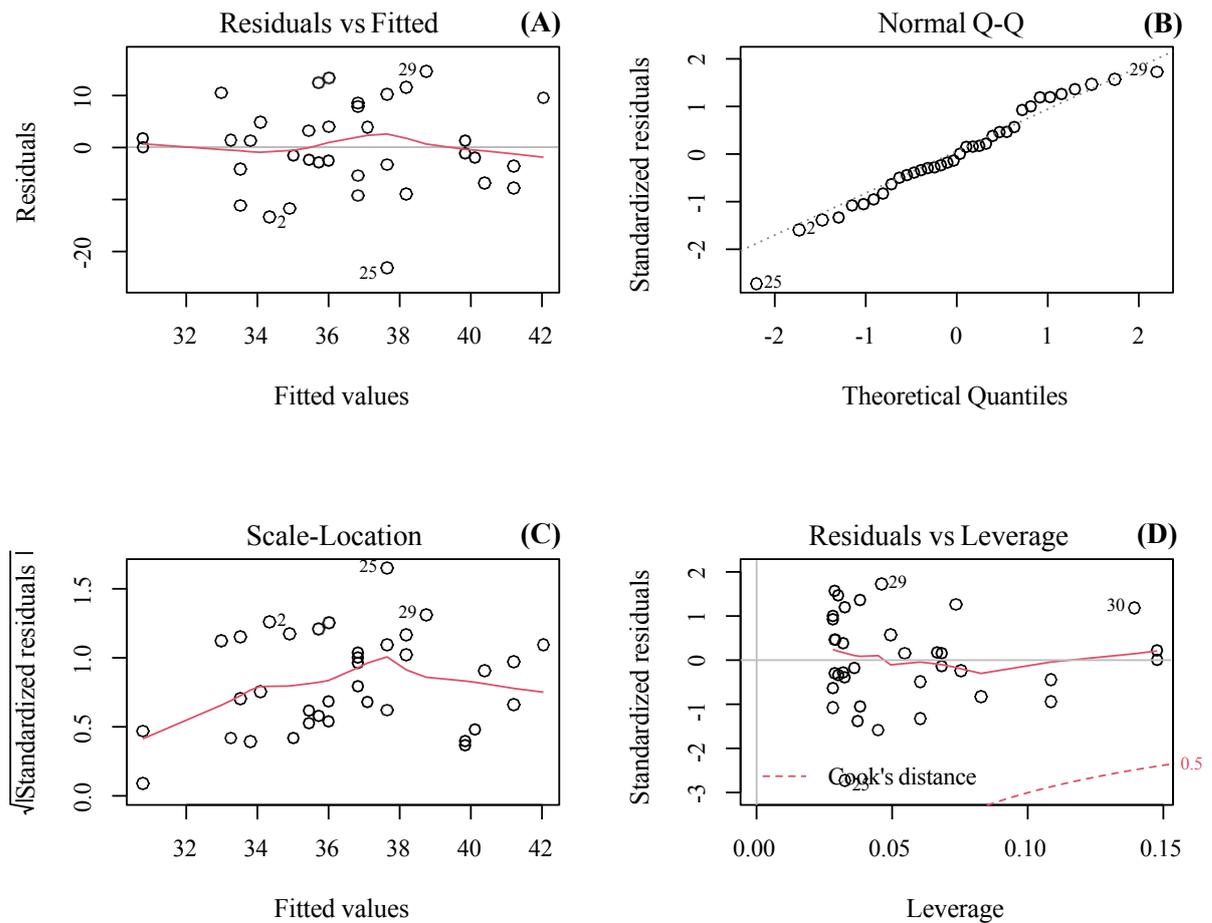


Figura 21. Diagnóstico del modelo ajustado del Índice de Densidad de Huevos.

En consecuencia, el modelo ajustado \widehat{IDH}_2 es inadecuado para predecir la proporción de huevos de *A. aegypti* en Tingo María, discrepando con Gimenez *et al.* (2020) quienes determinaron un aumento de 4,05 en el IDH cuando la temperatura mínima aumentó 1°C y disminuyó 0,69 con el aumento de un 1% en la humedad relativa ($p < 0,05$; AIC = 1458,9) de la ciudad de Resistencia, Argentina donde se recolectaron 74 190 huevos de *A. aegypti* en el periodo 2015-2017, debido a que estos factores ambientales son cruciales en el desarrollo de los estadios inmaduros del vector, donde al minúsculo cambio pueden limitarlos o favorecerlos de manera drástica (Alarcón *et al.*, 2014).

En efecto, se ha podido comprobar que los modelos ajustados \widehat{IA}_2 , \widehat{IB}_2 e \widehat{IR}_2 son adecuados para describir el comportamiento del IA, IB e IR mediante los factores ambientales como la temperatura mínima y humedad relativa como variables predictivas con mayor aporte; al contrario de los modelos ajustados \widehat{IOP}_2 e \widehat{IDH}_2 que no fueron adecuados.

Cabe resaltar, que estos modelos no pueden ser usados para predecir el valor de los índices entomológicos debido que solo describen la variabilidad de menos del 40% de los datos; sin embargo, el análisis del comportamiento de la densidad poblacional de los estadios inmaduros de *Aedes aegypti* a través de los factores ambientales con los que mejor se asocian es importante para el ámbito ambiental y poder prevenir el uso desmesurado de agentes químicos como el malathion o piriproxifen para el control de *A. aegypti* en el estadio adulto y larval respectivamente, los cuales no solo cumple con su propósito de disminuir la población del mosquito sino que también tiene un potencial impacto ambiental sobre otras especies y contamina el ambiente.

Además, a través de este análisis se incita a la implementación de nuevas estrategias que permitan una mejor eficacia en la vigilancia y control de *Aedes aegypti*, contribuyen con la disminución del riesgo entomológico para la transmisión de arbovirus en la ciudad de Tingo María.

V. CONCLUSIONES

1. La variación temporal del Índice Aédico (IA), Índice de Breteau (IB), Índice de recipiente (IR) e Índice de Densidad de Huevos (IDH) fue significativa y con tendencia ascendente en el transcurso del periodo 2015-2019; en tanto el Índice de Ovitrampas Positivas (IOP) fue regular durante el periodo estudiado.
2. La localidad de Tingo María durante el periodo 2015-2019 tuvo una estación seca entre los meses de junio a septiembre con déficit hídrico en el año 2015 y 2017; una estación húmeda por el resto de meses con mayor precipitación en el año 2017; un clima húmedo con influencia hiper oceánico; y se encuentra en una zona húmeda con grandes bosques o perhúmeda no considerada como territorio mediterráneo.
3. La distribución espacio-temporal de *Aedes aegypti* en Tingo María en el periodo 2015-2019 se extendió por los seis sectores epidemiológicos con un riesgo entomológico Alto de acuerdo al IA; mientras que el periodo 2016-2018 la distribución se focalizó principalmente en los sectores I y II con un riesgo entomológico Muy Alto por ovitrampas, dispersándose hacia todos los sectores incluyendo las zonas con riesgo entomológico Bajo y Medio.
4. La temperatura mínima y humedad relativa tuvieron mayor correlación con el IA, IB, IR e IOP; además, fueron adecuados para explicar valores de los índices entomológicos mediante los modelos ajustados \widehat{IA}_2 , \widehat{IB}_2 e \widehat{IR}_2 ; no obstante, los modelos ajustados \widehat{IOP}_2 e \widehat{IDH}_2 no fueron útiles para explicar los valores de la proporción de ovitrampas positivas y la tasa de oviposición de *A. aegypti*.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

1. Se sugiere que el Área de Salud ambiental de la Red de Salud de Leoncio Prado debe emplear los resultados mostrados en este estudio en la implementación de estrategias que permitan optimizar la vigilancia de los estadios inmaduros del vector, así como reducir el uso de químicos como controlador de *Aedes aegypti*; prevenir la resistencia del vector rotando el uso de compuestos organofosforados como el malatión y optar por controles biológicos como el *Bacillus thuringiensis* para contribuir con el cuidado del medio ambiente.
2. Se debe considerar una data de mayor volumen con más años de vigilancia entomológica para obtener mayor significancia en el análisis de la variación temporal de los índices entomológicos de *Aedes aegypti*. Asimismo, se sugiere usar datos de los factores ambientales de un periodo más prolongado para obtener índices climáticos representativos de la localidad de Tingo María.
3. Se recomienda implementar el análisis geo estadístico mediante interpoladores espaciales como la Distancia Inversa Ponderada (IDW) para identificar la distribución espacio-temporal de *A. aegypti* en los programas de vigilancia de la Red de Salud de Leoncio Prado.
4. Se debe tomar en cuenta el análisis de correlación de los factores ambientales y los índices entomológicos en los programas de prevención, vigilancia y control de *A. aegypti* implementados por la Red de Salud de Leoncio Prado.
5. Realizar el análisis de regresión lineal múltiple considerando otros factores ambientales, además de factores socioculturales; asimismo, se debe evitar que las variables utilizadas para el modelamiento de los índices entomológicos presenten multicolinealidad.

VII. REFERENCIAS

- Agüero, A., y Ramos, W. (2018). *El conocimiento sobre dengue, características de la vivienda e indicadores entomológicos, están asociados a casos de dengue en los distritos de Luyando y Rupa Rupa - provincia de Leoncio Prado - departamento de Huánuco; desde Enero a Noviembre durante el periodo 2016* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. Repositorio Institucional UNHEVAL. <https://bit.ly/3vxofkq>
- Alarcón, É. P., Segura, Á. M., Rúa-Uribe, G., y Parra-Henao, G. (2014). Evaluación de ovitrampas para vigilancia y control de *Aedes aegypti* en dos centros urbanos del Urabá antioqueño. *Biomedica*, 34(3), 409–424. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v34i3.2134>
- Balanzar, A. (2017). *Factores ambientales asociados a los criaderos de aedes aegypti en la región Costa Grande de Guerrero, México* [Tesis de Doctorado, Universidad Autónoma de Guerrero]. Repositorio RIUAGRO. <https://bit.ly/3jZxKx2>
- Barboza, J., y Ramírez, E. (2015). *Caracterización espacial y temporal del patrón de preferencia de oviposición de Aedes aegypti en la ciudad de Iquitos, 2011 – 2013* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de la Amazonía]. Repositorio Institucional UNAP. <https://bit.ly/3xGFXhy>
- Basso, C. (2010). *Abordaje ecosistémico para prevenir y controlar al vector del dengue en Uruguay* (1st ed.). Universidad de la República Uruguay. <https://bit.ly/3Mf17Y0>
- Bell, B. (2018). *Walter and Lieth climate diagrams in R*. <https://bit.ly/3MCiBhx>
- Bussi, J., Hernández, L., Mendéz, F., y Mitas, G. (2018). *Visualización y métodos de imputación de datos faltantes en la Encuesta de Gasto en los Hogares*. <https://rehip.unr.edu.ar/handle/2133/14011>
- Cabezas, C. (2005). Dengue en el Perú: Aportes para su diagnóstico y control. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 22(3), 212–228. <https://bit.ly/3jZBj6k>
- Cabezas, L., Cabanzo, W., Santa, F., Olano, V. A., Sarmiento, D., Vargas, S., Jaramillo, J. F., Stenstrom, T. A., Overgaard, H. J., y Matiz, M. I. (2017). Distribución espacial del mosquito *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) en el área rural de dos municipios de Cundinamarca, Colombia. *Biomedica*, 37, 1–30. <https://bit.ly/3K403Vo>
- Carrasquilla, Y., Valdés, Y., De Niño, Y., y Lanuza-Garay, A. (2016). Abundancia y distribución de larvas de *Aedes aegypti* (Diptera: culicidae) y dispersión del dengue en la ciudad de Colón. *Colón Ciencias, Tecnología y Negocios*, 3(1), 8–23. <http://up->

rid.up.ac.pa/id/eprint/3095

- Cassab, A., Morales, V., y Mattar, S. (2011). Factores climáticos y casos de Dengue en Montería, Colombia. 2003-2008. *Revista de Salud Pública*, 13(1), 115–128. <https://www.scielosp.org/article/rsap/2011.v13n1/115-128/es/>
- Chanampa, M., Miranda, R., y Aparicio, J. (2019). *Distribución y abundancia de Aedes aegypti en la provincia de Salta: asociación con factores ambientales* [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de Córdoba]. Repositorio Institucional CONICET Digital. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/80189>
- Chávez, G., y Paredes, L. (2011). *Varianza temporal y efectos meteorológicos sobre el nivel de riesgo de infestación por Aedes aegypti (Linnaeus, 1762) “Vector del dengue” en Belén, Iquitos - Perú, 2007 - 2009* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de la Amazonía]. Repositorio Institucional UNAP. <https://bit.ly/37uqZke>
- Collazos, D., Macualo, C., Orjuela, D., y Suárez, A. (2017). *Determinantes sociodemográficos y ambientales en la incidencia del dengue en Anapoima y La Mesa Cundinamarca 2007 - 2015* [Tesis de Pregrado, Universidad de Ciencias aplicadas y Ambientales]. Repositorio Institucional UDCA. <https://repository.udca.edu.co/handle/11158/824>
- Dávila, D. (2018). *Características climáticas y balance hídrico de la microcuenca Challana, Chinchao - Huánuco* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1336>
- Daza, O. (2018). *Influencia de las variables climáticas (temperatura y precipitación) en la ocurrencia del Aedes Aegypti (Diptera-Culicidae), en los distritos de Calleria y Yarinacocha, región Ucayali* [Universidad Nacional de la Amazonía]. Repositorio Institucional UNU. <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/4250>
- Dirección General de Salud Ambiental. (2011). *Aprendiendo de la experiencia: Lecciones aprendidas para la preparación y respuesta en el control vectorial ante brotes de dengue en el Perú- Adaptándose a los cambios* (1st ed.). Ministerio de Salud. <http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/1828.pdf>
- Dirección Regional de Salud - Huánuco. (2020). *Sala Situacional Dengue SE 1- 48 - 2020*. <https://bit.ly/3982UQD>
- Espinoza, M. (2018). *Influencia del comportamiento de algunas variables climáticas sobre el índice de infestación del mosquito Aedes aegypti, municipio de Managua, 2009-2017*

- [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua]. Repositorio Universitario de Nicaragua. <http://repositorio.cnu.edu.ni/Record/RepoUNANM10305>
- Fernández, I. (2009). *Biología y control de Aedes aegypti Manual de Operaciones* (2nd ed.). Universidad Autónoma de Monterrey Nuevo León.
- Gimenez, J., Alvarez, C., Almirón, W., y Stein, M. (2020). Meteorological variables associated with the temporal oviposition rate of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in Resistencia city, Chaco province, Northeastern Argentina. *Acta Tropica*, 212, 105678. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2020.105678>
- Heinisch, M., Diaz-Quijano, F., Chiaravalloti-Neto, F., Menezes Pancetti, F., Rocha Coelho, R., dos Santos Andrade, P., Urbinatti, P., de Almeida, R., y Lima-Camara, T. (2019). Seasonal and spatial distribution of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* in a municipal urban park in São Paulo, SP, Brazil. *Acta Tropica*, 189, 104–113. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2018.09.011>
- Hernández-Sampieri, R., y Mendoza, C. (2018). Metodología de la investigación: las tres rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. In *Mc Graw Hill* (Vol. 1). McGraw-Hill.
- Herrera, A., y Sánchez, E. (2017). Arbovirosis febriles agudas emergentes: Dengue, Chikungunya y Zika. *Medicina General y de Familia*, 6(3), 127–130. <https://doi.org/10.24038/mgyf.2017.016>
- Hiepe, T., Lucius, R., y Gottstein, B. (2011). *Parasitología general, con principios de inmunología, diagnóstico y lucha antiparasitaria* (1st ed.). Acribia, S.A.
- Holdridge, L. (1987). *Ecología basada en zonas de vida* (2nd ed.). Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Isla, I. (2018). *Estudio retrospectivo de los índices entomológicos larvario del vector Aedes Aegypti en el distrito de Pillco Marca, Huánuco, Perú, 2016 - 2017* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. Repositorio Institucional UNHEVAL. <http://repositorio.unheval.edu.pe/handle/UNHEVAL/3730>
- Jaimes, S. (2018). *Eficacia de las ovitrampas en detección precoz de Aedes aegypti para el control del dengue en Tingo María* [Tesis de Pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://repositorio.udh.edu.pe/123456789/3236>
- Kantor, I. (2016). Dengue, Zika Y Chingunguya. *MEDICINA (Buenos Aires)*, 76(2), 93–97. <https://doi.org/https://doi.org/10.26807/remcb.v37i2.2>

- López, M., y Neira, M. (2016). Influencia del cambio climático en la biología de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) mosquito transmisor de arbovirosis humanas. *Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas*, 37(2), 11–21. <https://bit.ly/3K09OE3>
- Marinho, R., Beserra, E., Bezerra-Gusmão, Maria Porto, V. de S., Olinda, R., y dos Santos, C. (2016). Effects of temperature on the life cycle, expansion, and dispersion of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in three cities in Paraíba, Brazil. *Journal of Vector Ecology*, 41(1), 1–10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jvec.12187>
- Márquez, Y., Monroy, K., Martínez, E., Peña, V., y Monroy, Á. (2019). Influencia de la temperatura ambiental en el mosquito *Aedes* spp y la transmisión del virus del dengue. *Ces Medicina*, 33(1), 42–50. <https://doi.org/10.21615/cesmedicina.33.1.5>
- Mego, A. (2018). *Factores que se relacionan con la presencia e incremento del vector aedes aegypti en la jurisdicción del hospital de Huaycán durante el primer trimestre 2017* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional del Callao]. Repositorio Institucional UNC. <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/UNAC/3047>
- MINSA. (2015a). Resolución Ministerial N° 010-2015/MINSA, Protocolo sanitario de urgencia para el reforzamiento de la vigilancia entomológica del vector *Aedes aegypti* mediante el uso de ovitrampas para establecimientos de salud. *Diario Oficial El Peruano*. <http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/3817.pdf>
- MINSA. (2015b). Resolución Ministerial N° 288-2015-MINSA, Norma Técnica de Salud N° 116-MINSA/DIGESA-V.01. *Diario Oficial El Peruano*. <https://bit.ly/3jYzCpS>
- Molina, J. C. (2018). *Presencia y abundancia del mosquito Aedes aegypti (Diptera: Culicidae), vector del dengue, chikungunya y Zika en las Islas Galápagos: 2017-2018* [Tesis de Pregrado, Universidad San Francisco de Quito]. Repositorio digital USFQ. <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/7468>
- Muñoz, E. (2012). *Caracterización edafoclimática de la microcuenca río Bella - Tingo María* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional UNAS. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/440>
- Powell, J. R., y Tabachnick, W. J. (2013). History of domestication and spread of *Aedes aegypti*-A review. *Memórias Do Instituto Oswaldo Cruz*, 108(1), 11–17. <https://doi.org/10.1590/0074-0276130395>
- Pulgar, J. (1981). *Geografía del Perú. Las ocho regiones naturales del Perú* (1st ed.). Editorial

Universo, S.A.

- Regis, L., Veiga, A., Silveira, J., Varjal de Melo-Santos, M., Santana da Cunha, M., Souza, F., Vieira, C., Rodrigues, R., Fontes de Oliveira, C., Junqueira, C., Vieira, A., y Vieira, W. (2014). Characterization of the spatial and temporal dynamics of the dengue vector population established in urban areas of Fernando de Noronha, a Brazilian oceanic island. *Acta Tropica*, 137, 80–87. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2014.04.010>
- Renee, M. (2017). Amplitud térmica, La amplitud térmica es un parámetro que se puede utilizar en la caracterización climática de una zona. *AgroBarrow*, 60, 20–21. <https://bit.ly/3s8lQ8j>
- Requena-Zúñiga, E., Mendoza-Uribe, L., y Guevara-Saravia, M. (2016). Nuevas áreas de distribución de *Aedes aegypti* en Perú. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*, 33(1), 171–173. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2016.331.1804>
- Ríos, A. (2015). *Positividad y riesgo entomológico de Aedes albopictus (Skuse, 1894) relacionado con los factores ambientales en la localidad de Santa Rosa, Loreto - Perú* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de la Amazonía]. Repositorio Institucional UNAP. <http://repositorio.unapikitos.edu.pe/handle/UNAP/3292>
- Romero, M. (2018). *Influencia de los factores socio ambientales en la incidencia de los casos de dengue en el sector dos de mayo, distrito de callería, provincia de Coronel Portillo, departamento de Ucayali, 2018* [Universidad Nacional de la Amazonía]. Repositorio Institucional UNU. <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/4462>
- Rubio, Y., Pérez, L., Infante, M., Comach, G., y Urdaneta, L. (2011). Influencia de las variables climáticas en la casuística de dengue y la abundancia de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) en Maracay, Venezuela. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*, 51(2), 145–158. <https://bit.ly/3L2C8r1>
- Sánchez, V. (2012). *Vigilancia entomológica de Aedes aegypti Linnaeus, 1762 (Diptera: Culicidae) transmisor del virus del dengue en el distrito de Villa el Salvador durante los meses de enero - junio del 2011* [Tesis de Pregrado, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio URP. <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/urp/918>
- Sánchez, V. (2016). *Sistema alternativo de estrategia probabilística mediante el establecimiento de unidades centinelas larvarias para la vigilancia y control de AEGYPTI en escenarios tipo II de la Micro Red Lurín* [Tesis de Maestría, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio URP. <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/urp/974>

- Soto, B. (2019). *Características e indicadores entomológicos en la presencia de larvas de (Aedes aegypti) en la vigilancia del control antivectorial del dengue en ocho distritos de la Red de Salud de Huánuco* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. Repositorio Institucional UNHEVAL. <https://hdl.handle.net/20.500.13080/5081>
- Tovar, I. (2016). *Fluctuación de Aedes aegypti (Linnaeus, 1762), susceptibilidad a insecticidas y el efecto de atrayentes, para su posible manejo en Baja California Sur, México* [Tesis de Doctorado, Centro de Investigación Biológica del Noroeste]. Repositorio Institucional CIBNOR. <http://dspace.cibnor.mx:8080/handle/123456789/485>
- Vargas, S., Céspedes, D., Vergel, J., Ruiz, E., y Luna, M. (2018). Co-infección por los virus del dengue y chikungunya. Revisión narrativa. *Revista Chilena de Infectología*, 35(6), 658–668. <https://doi.org/10.4067/S0716-10182018000600658>
- Vezzani, D., y Carbajo, A. E. (2008). *Aedes aegypti, Aedes albopictus, and dengue in Argentina: current knowledge and future directions. Memórias Do Instituto Oswaldo Cruz*, 103(1), 66–74. <https://doi.org/10.1590/S0074-02762008005000003>

ANEXOS

Apéndice 1. Cuadros y documentos

Anexo A. Vigilancia entomológica de *Aedes aegypti* en Tingo María

El Área de Salud Ambiental de la Red de Salud Leoncio Prado realizó la vigilancia entomológica del vector *Aedes aegypti* empleando los procedimientos establecidos la Norma Técnica de Salud N° 116-MINSA/DIGESA-V.01 (MINSA, 2015b).

Asimismo, la localidad de Tingo María estuvo dividida en seis sectores y generalmente presentó características del Escenario Entomológico II. Por lo tanto, para determinar los índices de infestación del vector, en el periodo 2015-2019 se implementó la vigilancia entomológica por inspección de viviendas, además de la vigilancia por ovitrampas.

A. Vigilancia entomológica por inspección de viviendas

i. Planificación

Recopilaron información sobre el número total de viviendas y manzanas de la localidad de Tingo María; asimismo, capacitaron a seis brigadas, cada una, conformada por un jefe de brigada y cinco inspectores a los que posteriormente se les asignaron los sectores.

ii. Cálculo del tamaño de muestra

Estimaron el número de viviendas a inspeccionar mediante el Muestreo Aleatorio Sistemático (MAS), teniendo como referencia que la localidad de Tingo María tiene un total de 11 621 viviendas. Asimismo, aplicaron la Ecuación (22), para un nivel de significancia del 95% ($Z = 1,96$) y una probabilidad de éxito del 50%.

La muestra estaría dada por:

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2(N-1) + Z_{\alpha}^2 * p * q} \quad (22)$$

Donde:

N: tamaño de población, entonces $N = 11\ 621$

Z: Valor tabular de una distribución normal ($\alpha = 0,05$), $Z = 1,96$

p: probabilidad de éxito, $p = 0,5$

q: probabilidad de fracaso, $q = 0,5$

d: error de muestreo o precisión, $d = 0.05$

Reemplazando:

$$n = \frac{11\,621 * 1,96^2 * 0,5 * 0,5}{0,05^2(11\,621 - 1) + 1.96^2 * 0,5 * 0,5} = 372 \text{ viviendas}$$

Realizaron la inspección en no menos de 372 viviendas de la localidad de Tingo María.

iii. Cálculo de la distribución de la muestra

a) Determinación del intervalo (k)

La razón de muestreo o intervalo fue calculado mediante la Ecuación 23:

$$k = \frac{N}{n} \quad (23)$$

Para la localidad de Tingo María que tiene 11 621 viviendas y un tamaño de muestra de 372 viviendas, el intervalo de muestreo es de:

$$k = \frac{11\,621}{372} = 30,31$$

Por lo tanto, la muestra se obtuvo inspeccionando una vivienda de cada 30 de la localidad de Tingo María.

b) Distribución de la muestra por sectores

La localidad de Tingo María tuvo seis sectores, por lo que la distribución de la muestra fue proporcional al total de viviendas de cada sector (Tabla 15).

Tabla 18. Número de viviendas inspeccionadas en la localidad de Tingo María.

Microrred	Categoría	EE.SS.	Sectores	Población	Total de viviendas	Tamaño muestra
Rupa Rupa	I - 3	Tingo María	I	5 947	2 531	84
			II	5 858	1 562	52
			III	5 752	1 950	64
			IV	4 707	1 884	62
			V	6 573	2 258	75
			VI	3 304	1 076	36
			Total	32 141	11 261	372

Fuente: Red de Salud Leoncio Prado (2021).

En la Tabla 18, se muestra el número de viviendas que se debieron inspeccionar; sin embargo, el Área de Salud Ambiental optó por realizar inspecciones que superan el tamaño de la muestra.

iv. Selección de viviendas a inspeccionar

Eligieron la primera vivienda por sorteo teniendo en cuenta el intervalo, las demás viviendas se seleccionaron en un intervalo de cada 30 viviendas desde la vivienda de inicio.

Inspeccionaron rodeando cada manzana en sentido horario, si la vivienda se encontraba cerrada, renuente o deshabitada, se inspeccionó la vivienda de la derecha o izquierda según se encuentre. Sin embargo, el conteo sigue desde la vivienda cerrada, en caso el conteo no termine en la manzana se deberá continuar en la siguiente (Figura 22).

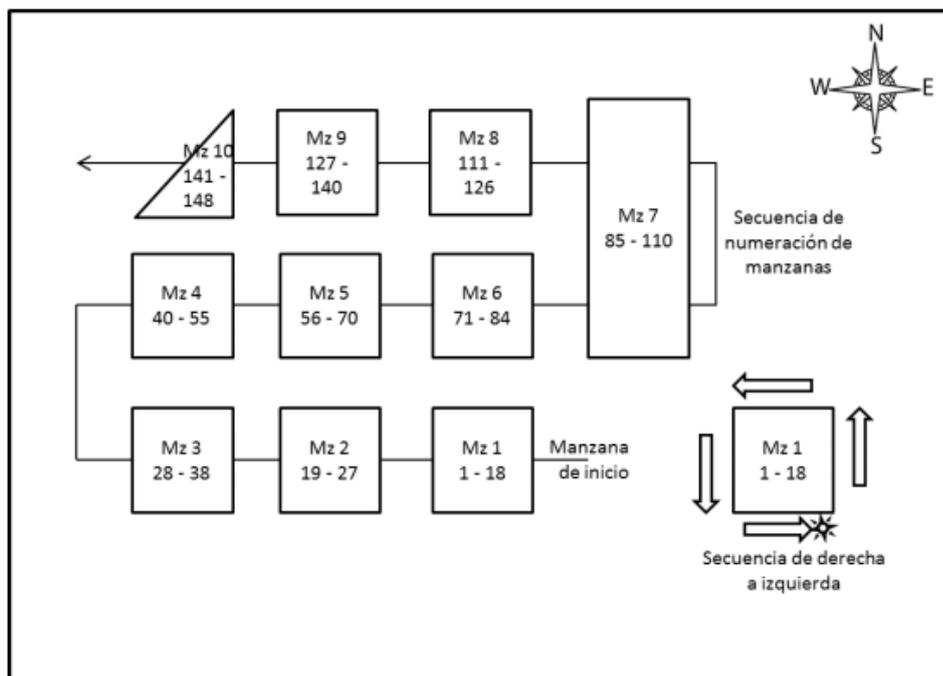


Figura 22. Selección de viviendas y conteo por intervalo k (MINSa, 2015b).

v. Señalización de las viviendas

Antes de ingresar a la vivienda e iniciar con su inspección, el inspector tuvo que indicar de manera gráfica sobre un área visible cerca a la puerta principal lo siguiente:

- Un círculo como indicador de que el inspector ingresó a la vivienda.
- Una flecha indicando la dirección en la que se inspecciona.

c) Fecha de la inspección.



d) Al terminar la inspección de la vivienda, el inspector señaló la inspección colocando la letra “I” dentro del círculo. En caso contrario se utilizó la siguiente simbología:



R: renuente, cuando el propietario le niega el ingreso a su vivienda.

C: cerrada, cuando esté cerrado o no se encuentre a un adulto.

D: deshabitada, cuando no se encuentre a nadie en la vivienda.

vi. Inspección de las viviendas

Los inspectores iniciaron sus labores solicitando la autorización de ingreso al propietario de la vivienda, fue necesario que un mayor de edad los acompañe, el inspector comenzó la inspección por los espacios más altos y posteriores de la vivienda (Figura 23), se inspeccionaron todos los recipientes que pudieron contener agua; sin embargo, solo se registraron en el formato de campo los recipientes que tenían agua (MINSA, 2015).

Durante la inspección se identificaron los recipientes que tengan larvas y/o pupas de *Aedes aegypti*; posteriormente, se colectaron usando pipetas de plástico y un cucharón, se preservaron las muestras en viales con alcohol al 70%. Estos viales tienen un aforo de 20 larvas y fueron rotulados según las especificaciones.

Finalmente se señaló en la parte superior de la puerta principal la actividad que se logró realizar en cada vivienda.

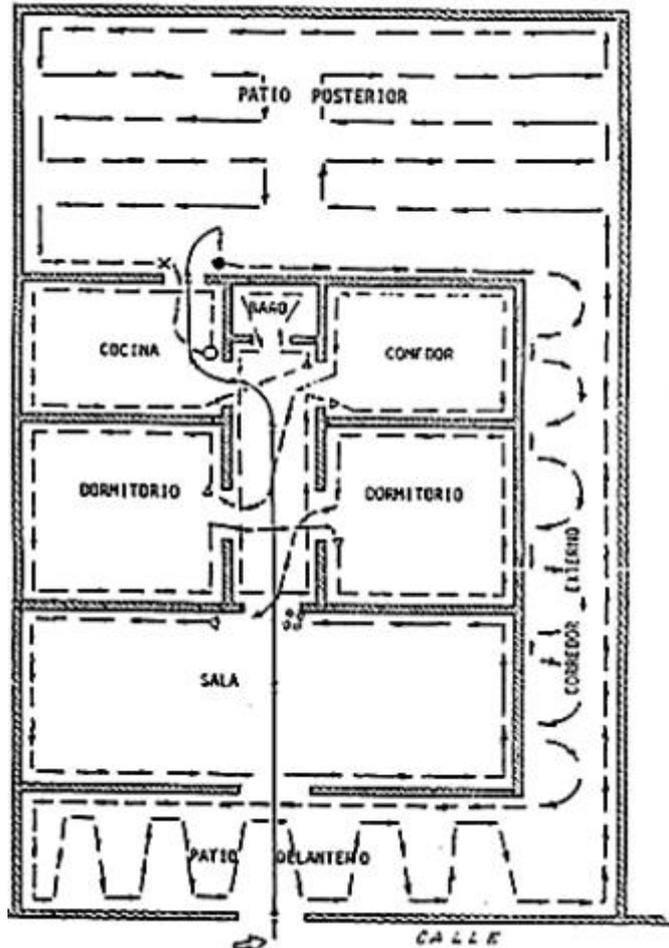


Figura 23. Secuencia de visita de una vivienda para inspección (MINSa, 2015).

vii. Materiales e insumos para la inspección de viviendas

Plano o croquis sectorizados por manzanas, viales, rótulos para los viales, alcohol 70%, pipetas plásticas, cucharón de plástico, linterna, cuaderno, formatos de campo, tiza, lápiz, mochila y larvicida.

viii. Análisis de las muestras

Lo viales fueron enviados al laboratorio donde identificaron y confirmaron si las muestras tomadas corresponden a las larvas y pupas de *Aedes aegypti* con la ayuda de un microscopio.

ix. Determinación de los índices entomológicos

Los índices entomológicos mensuales y anuales durante los años 2015 al 2019 fueron calculados mediante las Ecuaciones 24, 25 y 26; según la Norma Técnica de Salud N° 116-MINSA/DIGESA-V.01 (MINSa, 2015):

a) Índice Aédico (IA):

$$IA = \frac{N^{\circ} \text{ de viviendas positivas}}{N^{\circ} \text{ de viviendas inspeccionadas}} \times 100 \quad (24)$$

b) Índice de Recipientes (IR):

$$IR = \frac{N^{\circ} \text{ de recipientes positivos}}{N^{\circ} \text{ de recipientes inspeccionados}} \times 100 \quad (25)$$

c) Índice de Breteau (IB):

$$IB = \frac{N^{\circ} \text{ de recipientes positivos}}{N^{\circ} \text{ de viviendas inspeccionadas}} \times 100 \quad (26)$$

B. Vigilancia entomológica por ovitrampas**i. Preparación y adecuación de ovitrampas**

Para determinar la tasa de oviposición de *Aedes aegypti* se emplearon trampas de ovipostura u ovitrampas elaboradas con envases de plástico oscuro de 500 ml conteniendo en su interior un papel toalla de 30 x 6 cm y 300 ml de atrayente elaborado a partir de 270 ml de agua reposada con 30 ml de infusión de pasto al 10%. Para la infusión de pasto se remojó 9 g de pasto (*Stenotaphrum secundatum*) en 2 L de agua dejándolo reposar durante siete días.

Asimismo, cada ovitrampa lo codificaron con el número de trampa, el sector al cual correspondían, la fecha de instalación y de las próximas inspecciones.

ii. Criterio de distribución e instalación de ovitrampas

Las ovitrampas se distribuyeron con el criterio de colocar una trampa cada 200 m² formando cuadrículas en todos los sectores (Tabla 19) donde seleccionaron las viviendas de los habitantes que les permitieron el acceso para la instalación de las ovitrampas y las revisiones semanales.

Asimismo, instalaron las ovitrampas a una altura de entre 50 a 100 cm sobre el suelo preferentemente en zonas como jardines o patios con sombras y no muy visibles para los niños o mascotas.

Tabla 19. Número de ovitrampas instaladas en la localidad de Tingo María.

SECTORES	TOTAL DE OVITRAMPAS
I	27
II	23
III	24
IV	15
V	35
VI	45
TOTAL	169

Fuente: Red de Salud Leoncio Prado (2021).

iii. Inspección de ovitrampas

Realizaron la revisión de ovitrampas cada de siete días y bajo ningún motivo se pudo ampliar o interrumpir el periodo de revisión ni abandonar las ovitrampas.

Por lo tanto, recogieron los papeles toalla de cada ovitrampa y fueron almacenados cuidadosamente doblados hacia dentro en un envase de plástico. Las ovitrampas que resultaron positivas al vector *A. aegypti* tuvieron que ser lavadas y cepilladas para que puedan ser reutilizadas.

iv. Determinación de los índices entomológicos

Realizaron el conteo de huevos atrapados en los papeles toalla con ayuda de un estereoscopio, para posteriormente determinar los índices entomológicos mediante las Ecuaciones 27 y 28.

a) Índice de Ovitrampas Positivas (IOP):

$$IA = \frac{N^{\circ} \text{ de ovitrampas positivas}}{N^{\circ} \text{ de ovitrampas inspeccionadas}} \times 100 \quad (27)$$

b) Índice de Densidad de Huevos (IDH):

$$IR = \frac{N^{\circ} \text{ de ovitrampas positivas}}{N^{\circ} \text{ de huevos recolectados}} \times 100 \quad (28)$$

Anexo B. Recopilación de datos

Anexo B-1. Información obtenida de la Estación Principal Tingo María

 UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA Tingo María FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES Gabinete de Meteorología y Climatología 					
DATOS CLIMATOLÓGICOS DE LA ESTACIÓN PRINCIPAL DE TINGO MARÍA (CP)					
UBICACIÓN GEOGRÁFICA - Dep. : HUÁNUCO Prov. : LEONCIO PRADO Dist. : RUPA RUPA COORDENADAS GEOGRÁFICAS: Lat. : 9° 18' 36.6" S. Long. : 76° 0' 1.8" W. Alt. : 660 M.S.N.M REGISTRO MENSUAL DE LAS VARIABLES CLIMATOLÓGICAS, PERIODO: ENERO-DICIEMBRE 2015					
MESES	TEMPERATURA DEL AIRE (°C)			HUMEDAD RELATIVA DEL AIRE (%)	PRESIPITACIÓN (mm).
	Máxima	Minima	Media		
Enero	29.60	20.80	25.20	85.00	465.50
Febrero	28.70	20.90	24.80	86.00	534.20
Marzo	30.40	21.00	25.70	85.00	302.60
Abril	30.10	20.50	25.30	84.00	280.60
Mayo	29.90	20.60	25.25	85.00	296.20
Junio	30.20	20.10	25.15	84.00	127.10
Julio	30.00	19.70	24.85	84.00	173.10
Agosto	31.10	19.80	25.45	83.00	50.80
Setiembre	32.40	20.10	26.25	80.00	43.50
Octubre	30.70	20.60	25.65	81.00	147.90
Noviembre	31.30	21.30	26.30	82.00	235.30
Diciembre	30.00	21.10	25.55	83.00	404.90
PROM/TOT. AÑO	30.37	20.54	25.45	83.50	3061.70

REGISTRO MENSUAL DE LAS VARIABLES CLIMATOLÓGICAS, PERIODO: ENERO-DICIEMBRE 2016					
MESES	TEMPERATURA DEL AIRE (°C)			HUMEDAD RELATIVA DEL AIRE (%)	PRESIPITACIÓN (mm).
	Máxima	Minima	Media		
Enero	31.70	21.50	26.60	82.00	475.50
Febrero	30.40	21.50	25.95	84.00	406.70
Marzo	30.50	21.20	25.85	85.00	373.30
Abril	31.20	21.00	26.10	83.00	151.10
Mayo	30.70	20.60	25.65	82.00	215.20
Junio	29.70	19.70	24.70	83.00	172.70
Julio	30.80	19.00	24.90	82.00	104.70
Agosto	31.30	19.70	25.50	81.00	77.70
Setiembre	31.00	19.70	25.35	81.00	115.80
Octubre	31.20	20.30	25.75	82.00	165.10
Noviembre	32.10	21.10	26.60	81.00	340.30
Diciembre	30.20	20.80	25.50	84.00	421.60
PROM/TOT. AÑO	30.90	20.51	25.70	82.50	3019.70



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
GABINETE DE METEOROLOGÍA Y CLIMATOLOGÍA

Ing. Msc. Lucio Manrique De Lara Suarez
JEFE



DATOS CLIMATOLÓGICOS DE LA ESTACIÓN PRINCIPAL DE TINGO MARÍA (CP)

UBICACIÓN GEOGRÁFICA - Dep. : HUÁNUCO Prov. : LEONCIO PRADO Dist. : RUPA RUPA
 COORDENADAS GEOGRÁFICAS: Lat. : 9° 18' 36.6" S. Long. : 76° 0' 1.8" W. Alt. : 660 M.S.N.M
 REGISTRO MENSUAL DE LAS VARIABLES CLIMATOLÓGICAS, PERIODO: ENERO-DICIEMBRE 2017

MESES	TEMPERATURA DEL AIRE (°C)			HUMEDAD RELATIVA DEL AIRE (%)	PRESIPITACIÓN (mm).
	Máxima	Minima	Media		
Enero	28.90	20.50	24.70	87.00	391.00
Febrero	29.70	21.00	25.35	86.00	475.80
Marzo	29.70	20.80	25.25	86.00	432.70
Abril	30.90	21.20	26.05	86.00	204.20
Mayo	31.00	21.20	26.10	84.00	326.10
Junio	30.60	20.80	25.70	82.00	158.60
Julio	30.30	19.60	24.95	85.00	26.90
Agosto	31.50	19.80	25.65	83.00	142.40
Setiembre	31.10	20.90	26.00	82.00	221.00
Octubre	31.50	20.90	26.20	82.00	341.30
Noviembre	30.20	21.10	25.65	85.00	688.20
Diciembre	30.30	21.10	25.70	84.00	349.90
PROM/TOT. AÑO	30.48	20.74	25.61	84.33	3758.10

REGISTRO MENSUAL DE LAS VARIABLES CLIMATOLÓGICAS, PERIODO: ENERO-DICIEMBRE 2018

MESES	TEMPERATURA DEL AIRE (°C)			HUMEDAD RELATIVA DEL AIRE (%)	PRESIPITACIÓN (mm).
	Máxima	Minima	Media		
Enero	30.10	20.60	25.35	86.00	404.40
Febrero	29.80	21.20	25.50	85.00	305.90
Marzo	29.60	21.40	25.50	84.00	485.00
Abril	29.90	20.60	25.25	85.00	224.80
Mayo	30.60	19.70	25.15	84.00	181.20
Junio	29.40	19.70	24.55	85.00	182.60
Julio	30.40	19.50	24.95	83.00	62.40
Agosto	30.70	19.00	24.85	82.00	214.60
Setiembre	32.30	20.00	26.15	79.00	80.40
Octubre	30.50	21.00	25.75	83.00	485.50
Noviembre	29.60	21.30	25.45	87.00	494.10
Diciembre	30.30	21.40	25.85	87.00	454.40
PROM/TOT. AÑO	30.27	20.45	25.36	84.17	3575.30

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 GABINETE DE METEOROLOGÍA Y CLIMATOLOGÍA

Ing. Msc. Lucio Manrique De Lara Suárez
 JEFE



DATOS CLIMATOLÓGICOS DE LA ESTACIÓN PRINCIPAL DE TINGO MARÍA (CP)

UBICACIÓN GEOGRÁFICA - Dep. : HUÁNUCO Prov. : LEONCIO PRADO Dist. : RUPA RUPA
 COORDENADAS GEOGRÁFICAS: Lat. : 9° 18' 36.6" S. Long. : 76° 0' 1.8" W. Alt. : 660 M.S.N.M
 REGISTRO MENSUAL DE LAS VARIABLES CLIMATOLÓGICAS, PERIODO: ENERO-DICIEMBRE 2015

MESES	TEMPERATURA DEL AIRE (°C)			HUMEDAD RELATIVA DEL AIRE (%)	PRESIPITACIÓN (mm).
	Máxima	Minima	Media		
Enero	29.60	20.80	25.20	85.00	465.50
Febrero	28.70	20.90	24.80	86.00	534.20
Marzo	30.40	21.00	25.70	85.00	302.60
Abril	30.10	20.50	25.30	84.00	280.60
Mayo	29.90	20.60	25.25	85.00	296.20
Junio	30.20	20.10	25.15	84.00	127.10
Julio	30.00	19.70	24.85	84.00	173.10
Agosto	31.10	19.80	25.45	83.00	50.80
Setiembre	32.40	20.10	26.25	80.00	43.50
Octubre	30.70	20.60	25.65	81.00	147.90
Noviembre	31.30	21.30	26.30	82.00	235.30
Diciembre	30.00	21.10	25.55	83.00	404.90
PROM/TOT. AÑO	30.37	20.54	25.45	83.50	3061.70

REGISTRO MENSUAL DE LAS VARIABLES CLIMATOLÓGICAS, PERIODO: ENERO-DICIEMBRE 2016

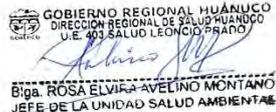
MESES	TEMPERATURA DEL AIRE (°C)			HUMEDAD RELATIVA DEL AIRE (%)	PRESIPITACIÓN (mm).
	Máxima	Minima	Media		
Enero	31.70	21.50	26.60	82.00	475.50
Febrero	30.40	21.50	25.95	84.00	406.70
Marzo	30.50	21.20	25.85	85.00	373.30
Abril	31.20	21.00	26.10	83.00	151.10
Mayo	30.70	20.60	25.65	82.00	215.20
Junio	29.70	19.70	24.70	83.00	172.70
Julio	30.80	19.00	24.90	82.00	104.70
Agosto	31.30	19.70	25.50	81.00	77.70
Setiembre	31.00	19.70	25.35	81.00	115.80
Octubre	31.20	20.30	25.75	82.00	165.10
Noviembre	32.10	21.10	26.60	81.00	340.30
Diciembre	30.20	20.80	25.50	84.00	421.60
PROM/TOT. AÑO	30.90	20.51	25.70	82.50	3019.70

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 GABINETE DE METEOROLOGÍA Y CLIMATOLOGÍA

Ing. Msc. Lucio Manrique De Lara Suarez

JEFE

Anexo B-2. Información obtenida de la Red de Salud de Leoncio Prado.

	GOBIERNO REGIONAL HUANUCO DIRECCION REGIONAL DE SALUD HUANUCO UNIDAD EJECUTORA 403 – RED DE SALUD LEONCIO PRADO “Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”								
									
INFORME N° 0108 – 2022 – GOB.REG.HCO.U.E.N°403-SLP-DE/ODI/USA.									
A	:	Sr. Segungo GONZALES AGUERO. Director de la Oficina de Desarrollo Institucional							
DE	:	Blga. Rosa Elvira, AVELINO MONTANO. Jefe de la Unidad de Salud Ambiental.							
ASUNTO	:	Informe de Remisión de información de datos entomológicos de la localidad de Tingo María.							
ATENCION	:	Bachiller. Martin Eduardo, Crispin Sánchez.							
REFERENCIA	:	CARTA S/N.							
FECHA	:	Tingo María, 25 de abril del 2022.							
<p>Mediante el presente es grato dirigirme a usted para saludarlo cordialmente y, al mismo tiempo informarle que, al haber realizado la revisión de la información entomológica solicitada de los años 2015 al 2019 del vector Aedes aegypti, según Carta S/N de fecha 10 de mayo del 2021, es de señalar que dicha información fue entregada en medio magnético en la fecha solicitada (año 2021), para realizar el trabajo de investigación por parte del Bachiller Martin Crispín, cuyo título de la tesis de pregrado es: “DISTRIBUCIÓN ESPACIO TEMPORAL DE Aedes aegypti (Linnaeus, 1976) Y FACTORES AMBIENTALES EN TINGO MARÍA, 2015-2019”.</p> <p>La información brindada se detalla a continuación:</p> <ol style="list-style-type: none"> Registros mensuales del IA, IR , IR años 2015 – 2019. Registros mensuales de Vigilancia de ovitrampas, coordenadas y planos de sectorización de los años 2015 – 2019. <p>Es de señalar que en el presente año se recibió la CARTA S/N con fecha 06 de abril del 2022, para regularizar la entrega de la información del año 2021.</p> <p>Es de manifestar que se debe remitir a esta oficina una copia del informe de tesis para conocer los resultados de la investigación realizada y de esta manera aplicar nuevas estrategias de control.</p> <p>Es todo cuanto informo a usted para los fines del caso y me suscribo, no sin antes reiterarle las muestras de mi consideración y estima.</p>									
Atentamente,									
REAM/ream. cc. archivo. 25-04-2022.									
<table border="1"> <tr> <td>NVO. DOC</td> <td>03103496</td> </tr> <tr> <td>NVO. EXP.</td> <td>01967950</td> </tr> <tr> <td>N° Folios</td> <td>04</td> </tr> </table>		NVO. DOC	03103496	NVO. EXP.	01967950	N° Folios	04	  <p>Blga. ROSA ELVIRA AVELINO MONTANO JEFE DE LA UNIDAD SALUD AMBIENTAL</p>	
NVO. DOC	03103496								
NVO. EXP.	01967950								
N° Folios	04								



GOBIERNO REGIONAL HUANUCO
DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD HUÁNUCO
RED DE SALUD LEONCIO PRADO
 "Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"



Tingo María, 29 de Abril de 2022

CARTA N° 38 -2022-GRHCO-DRS-HCO/RSLP-DE

SEÑOR:
MARTIN EDUARDO CRISPIN SANCHEZ

TINGO MARIA

ASUNTO : REMITO INFORMACION
 REF. : INFORME N°138-2022-GRH-GRDS-DIRESA-RSLP/ODI/WHMC

Es grato dirigirme a usted y saludarlo muy cordialmente a nombre de la Unidad Ejecutora 403 – Salud Leoncio Prado, y al mismo tiempo comunicarle que le remito el INFORME N°138-2022-GRH-GRDS-DIRESA-RSLP/ODI/WHMC; donde informa que la Unidad de Salud Ambiental dio respuesta al requerimiento solicitado mediante carta s/n de fecha 10 de mayo 2021 con registro 2449031, siendo lo siguiente:

Registros mensuales de IA, IR ,IR años 2015-2019.

Registros mensuales de vigilancia de ovitrampas, coordenadas y planos de sectorización de los años 2015-2019.

Cabe resaltar que dicha información se brindó por medio magnético en la fecha solicitada (año 2021) al interesado el bachiller Martin Eduardo Crispin Sánchez quien manifestó a la culminación de su tesis remitirá una copia del informe para conocer los resultados de la investigación realizada para aplicar nuevas estrategias de control.

Sin otro particular me suscribo de usted, hago propicio la oportunidad para expresar los sentimientos de mi mayor consideración y estima personal.

Atentamente,


Dr. Walter Hugo Masgo Castro
 RG 103/CEP/30806
 DIRECTOR EJECUTIVO

DOC: 3117144
 EXP:1967950
 Cc. Archivo, Interesados

Av. Alameda Perú N° 1172
 Tingo María – Perú
 Teléfono: 062-563304
 www.redsaludleonioprado.gob.pe

Anexo B-3. Información obtenida de la Municipalidad Provincial Leoncio Prado

"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia"
"Unidos por el cambio"

INFORME N°714-2021-GIDL-SGCDU-MPLP/TM

A	ING. JOSEPH CELIS GUERRA Gerente de Infraestructura y Desarrollo Local
DE	ARQ. SAMUEL MATO FELIX Subgerente de Catastro y Desarrollo Urbano
Asunto	ACCESO A LA INFORMACIÓN DEL PLANO ACTUALIZADO DE LA CIUDAD DE TINGO MARÍA.
Ref.	Exp. Reg. N°202118021 (25/08/2021).
Fecha	Tingo María, 27 de agosto del 2021.

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE LEONCIO PRADO
TINGO MARÍA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA Y DESARROLLO LOCAL

Folio: _____ Cod: _____
Firma: _____ Hora: _____

Por intermedio del presente me dirijo a usted para saludarle cordialmente, y a la vez hacer de su conocimiento que, en atención al expediente administrativo N° 202118021 de fecha de ingreso a esta subgerencia el 25 de agosto del 2021, organizado por el don **MARTIN EDUARDO CRISPÍN SÁNCHEZ** identificado con **DNI N°70184386**, quien **SOLICITA ACCESO A LA INFORMACIÓN DEL PLANO ACTUALIZADO DE LA CIUDAD DE TINGO MARÍA**, con la finalidad de desarrollar la tesis de pregrado titulado: **DISTRIBUCIÓN ESPACIO – TEMPORAL DE aedes aegypti (linnaeus,1976) Y FACTORES AMBIENTALES EN TINGO MARIA,2018-2020**), habiendo evaluado la documentación, se informa lo siguiente:

- Se cuenta con un Plano general de la Provincia de Leoncio Prado, pero se recalca que aún no esta aprobado, pero se le adjunta dicha información en un CD.
- Así mismo se le adjunta el Plano de Zonificación General del Plan director de la ciudad de Tingo María, elaborado por el Instituto Nacional de Desarrollo Urbano (INADUR), aprobado con Resolución Municipal N°051-85-CPLP/TM de fecha 16/05/85.

Ante lo expuesto, se da por **ATENDIDO**, la solicitud tramitada con expediente administrativo **N°202118021**, a favor de don **MARTIN EDUARDO CRISPÍN SÁNCHEZ** identificado con **DNI N°70184386**.

Sin otro particular me despido, no sin antes manifestarle mis saludos y estima personal.

Atentamente,



1

Anexo C. Algoritmos usados en R Studio

a. Algoritmo para la imputación de datos faltantes (Missing Data)

```
#####
### IMPUTACIÓN DE DATOS FALTANTES ###
#####

#I. Instalación de paquetes

# 1.1. Paquete VIM ^ SparseM
install.packages("VIM")
install.packages("SparseM")
library(VIM)
library(SparseM)

# 1.2. Paquete missForest
install.packages("missForest")
library(missForest)

# 1.3. Paquete Mice
install.packages("mice")
library(mice)

#II. Importación de datos
head(Data_orig)
Data <- as.data.frame(Data_orig)
head(Data)
View (Data)
sapply(Data, class)

#III. Identificar los datos faltantes o perdidos
# 3.1. Cantidad total datos faltantes
Total.NA <- sum(is.na(Data))
Total.NA
summary(Data)

# 3.2. Identificación de NA por variable
cant_NA <- md.pattern(Data)

# 3.3. Graficar datos perdidos ^ patrón
miss_plot <- agrg(Data, col=c('navyblue','yellow'),
                  numbers=TRUE, sortVars=TRUE,
                  labels=names(Data), cex.axis=.7,
                  gap=1, ylab=c("Missing data","Pattern"))

#IV. Imputación de datos con missForest
# 4.1. Modelado missForest
Data.imp <- missForest(Data)
imp <- missForest(Data, verbose = FALSE, variablewise = FALSE)
imp$OOBerror
imp <- missForest(Data, verbose = TRUE, variablewise = TRUE)
imp$OOBerror
sapply(df, class)
```

```

# 4.2. Comprobar datos imputados
Data.imp$ximp
head(Data.imp)
Data_imp <- as.data.frame(Data.imp$ximp)
View(Data_imp)

# 4.3. Comprobar error de imputación
Data.imp$OOBerror

# 4.4. Comparar la precisión de los datos reales
comparacion <- cbind(Data$PP,Data$IA,Data_imp$IA)
View(comparacion)
Comp_error <- mixError(Data.imp$ximp, Data,Data_orig)
Comp_error

#V. Guardar los datos imputados
write.csv(x = Data_imp,file="Data_imp.csv")

```

b. Algoritmo para el Análisis de Varianza (ANOVA) de los índices entomológicos

```

#####
### VARIACIÓN TEMPORAL DE LOS ÍNDICES ENTOMOLÓGICOS ###
#####

#I. Instalación de paquetes
library(datasets)
library(ggplot2)
library(multcompView)
library(dplyr)

#II. Cargar y comprobar datos
str(data)
attach(data)
names(data)

class(Mes)
Mes = factor(Mes, levels = c(1:12), labels = c("Enero","Febrero",
"Marzo","Abril","Mayo", "Junio", "Julio", "Agosto", "Septiembre",
"Octubre", "Noviembre", "Diciembre"))
class(Mes)
head(Mes)

class(Año)
Año = factor(Año, levels = c(1:5), labels = c("2015","2016",
"2017","2018","2019"))
class(Año)
head(Año)

tabla = data.frame(Mes, Año, T_max, T_min, T_me, HR, PP, IA, IB, IR)
str(tabla)
View(tabla)
write.csv(x = tabla,file="Data_new.csv")
attach(tabla)

# 2.1.Descriptivos de los índices entomológicos
library(report)

```

```

FSA::Summarize(IA ~ Año,
              data=tabla,
              digits=2)

FSA::Summarize(IB ~ Año,
              data=tabla,
              digits=2)

FSA::Summarize(IR ~ Año,
              data=tabla,
              digits=2)

##### III. Variación temporal del Índice Aédico #####

# 3.1. Análisis de Varianza
anova <- aov(IA ~ Año, data = tabla)
summary(anova)
report(anova)
apa.aov.table(anova, filename="tabla1.doc", table.number = 1)

# 3.2. Prueba de Tukey
tukey <- TukeyHSD(anova)
print(tukey)

# 3.3. Visualización de letras compacto
cld <- multcompLetters4(anova, tukey)
print(cld)

# 3.4. Tabla con factores y 3er cuartil
Tk <- group_by(tabla, Año) %>%
  summarise(mean=mean(IA), quant = quantile(IA, probs = 0.75)) %>%
  arrange(desc(mean))

# 3.5. Extraer la visualización de letras compactas y añadirlas a la tabla
Tk
cld <- as.data.frame.list(cld$Año)
Tk$cld <- cld$Letters
print(Tk)

# 3.6. Gráfico de Índice Aédico

# a. Tipo de fuente
windowsFonts(A = windowsFont("Times New Roman"))

# b. Gráfico boxplot
p <- ggplot(tabla, aes(Año, IA))
p <- p + stat_boxplot(geom = "errorbar", width = 0.25)
p <- p + geom_boxplot(fill="gray", alpha=1)
p <- p + theme_classic()
p <- p + theme(text = element_text(family = "A"))
p <- p + xlab("Años") + ylab("Índice Aédico (%)")
p <- p + coord_cartesian(ylim = c(0, 15))
p <- p + theme(panel.grid.major = element_blank(), panel.grid.minor =
element_blank())
p <- p + geom_text(data = Tk, aes(x = Año, y = quant, label = cld), size
= 3, vjust=-1, hjust =-1)
p

```

```

# 3.7. Verificación de los supuestos
# A. Regresión Lineal Simple
M1 <-lm(IA~ Año)
M1
summary(M1)

# B. Cálculo del error
e_M1 <- residuals(M1)
e_M1

# C. Pruebas de significación del modelo
anova(M1)

# D. Método grafico
par(mfrow = c(2,2))
plot(M1)

# E. Supuestos para MRLS
# a) Normalidad
library(rstatix)

# Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk
tabla %>%
  group_by(Año) %>%
  shapiro_test(IA)

# b) Homocedasticidad
library(car)
library(lmtest)

# Prueba de igualdad de varianzas
levene_test(IA ~ Año, data =tabla)

# c) Independencia
# Prueba de Durbin-Watson
dwtest(M1)

# d) Linealidad
mean(e_M1)

# e) Valores atípicos extremos
tabla %>%
  select(Año, IA) %>%
  group_by(Año) %>%
  identify_outliers(IA)

```

c. Algoritmo para la elaboración de diagramas de Walter-Lieth

```

#####
#### CLIMOGRAMAS O DIAGRAMAS DE WALTER-LIETH ####
#####

# I.Lectura de datos
clima1 <- read.table(file = "E:\\Clima.txt", header = T)
clima1

```

```

# II. Diagrama de Walter-Lieth
install.packages("climatol")
library(climatol)
clima1 <- Clim1[2:13]
clima1
diagwl(clima1, mlab = "es")
Climo1 <- diagwl(clima1, mlab = "es")
Climo1

clima2 <- Clim2[2:13]
clima2
Climo2 <- diagwl(clima2, mlab = "es")
Climo2

clima3 <- Clim3[2:13]
clima3
diagwl(clima3, mlab = "es")
Climo3 <- diagwl(clima3, mlab = "es")
Climo3

clima4 <- Clim4[2:13]
clima4
diagwl(clima4, mlab = "es")
Climo4 <- diagwl(clima4, mlab = "es")
Climo4

clima5 <- Clim5[2:13]
clima5
diagwl(clima5, mlab = "es")
Climo5 <- diagwl(clima5, mlab = "es")
Climo5

```

d. Algoritmo para los modelos de regresión lineal múltiple de los índices entomológicos

```

#####
####  MODELO DEL ÍNDICE AÉDICO  ####
#####

# I. Lectura de datos
IA_vc <- read.table(file = "E:\\IA.txt", header = T)
IA_vc

# II.Preparar datos
attach(IA_vc)
X1 <- T_max # Temperatura máxima (°C)
X2 <- T_min # Temperatura mínima (°C)
X3 <- T_me  # Temperatura media (°C)
X4 <- HR    # Humedad Relativa (%)
X5 <- PP    # Precipitación (mm)
Y1 <- IA    # Índice Aédico (%)
Y2 <- IB    # Índice de Breteau (%)
Y3 <- IR    # Índice de Recipiente (%)

# 2.1.Exploración gráfica de los datos
plot(IA_vc, col="orange", pch=16,)
library(psych)
pairs.panels(IA_vc, pch=21)

```

```

library(car)
scatterplotMatrix(~ IA + T_max + T_min + T_me + HR + PP, data = IA_vc,
                  diagonal = FALSE,
                  regLine = list(col = "green", lwd = 3),
                  smooth = list(col.smooth = "red",
                                col.spread = "blue"))

#III. REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE
# A. Modelo de Regresión
IA <-lm(Y1~X1+X2+X3+X4+X5)
IA
summary(IA)

IA.vacio <-lm(Y1~1)
IA.vacio

# a.1. Intervalos de confianza del modelo
ICClas1 <-round(confint(IA,level=0.95),3)
ICClas1

# a.2. Predicción y desempeño del modelo
Pr1 <- IA %>% predict(IA_vc)
Pr1

RMSE1 <- data.frame(RMSE = RMSE(Pr1, IA_vc$IA), R2 = R2(Pr1, IA_vc$IA))
RMSE1

# a.3. Multicolinealidad en el modelo
round(vif(IA),3)

# B. Selección de variables para el modelo ajustado
library(MASS)
S1 <- stepAIC(IA, direction = c("both"))
S1
summary(S1)

step1 <- step(IA.vacio,
              scope = list(lower = IA.vacio, upper = IA),
              direction = "both")

step1
summary(step1)

# b.1. Intervalos de confianza del modelo ajustado
ICClas2 <-round(confint(step1,level=0.95),3)
ICClas2

# b.2. Predicción y desempeño del modelo ajustado
Pr2 <- step1 %>% predict(IA_vc)
Pr2

RMSE2 <- data.frame(RMSE = RMSE(Pr2, IA_vc$IA), R2 = R2(Pr2, IA_vc$IA))
RMSE2

RMSE.IA <- data.frame(RMSE1, RMSE2)
RMSE.IA

```

```
# b.3. Multicolinealidad en el modelo ajustado
round(vif(step1),3)

# C.Cálculo del error
e_IA <- residuals(step1)
e_IA

#IV.VERIFICACIÓN DE LOS SUPUESTOS
# 4.1.Método grafico
par(mfrow = c(2,2))
plot(step1)

# 4.2.Supuestos para MRLM
# A)Normalidad
library(nortest)

# a.Prueba de normalidad de Kolmogorog-Smirnov
lillie.test(e_IA)

# b.Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk
shapiro.test(e_IA)

# B)Homocedasticidad
library(car)
library(lmtest)

# a.Prueba de igualdad de varianzas
ncvTest(step1)
bptest(step1)

# C)Independencia
dwtest(step1)

# D)Linealidad
mean(e_IA)

#V. Pruebas de significación del modelo
anova(step1)

#VI. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN

# 6.1.Coeficiente de correlación (R):
cor(IA_vc)

# 6.2.Coeficiente de determinación (R^2):
cor(IA_vc)^2
```

Anexo D. Imputación de datos faltantes o valores perdidos (Missing Data)

a) Identificación de datos faltantes de la vigilancia por inspección de viviendas

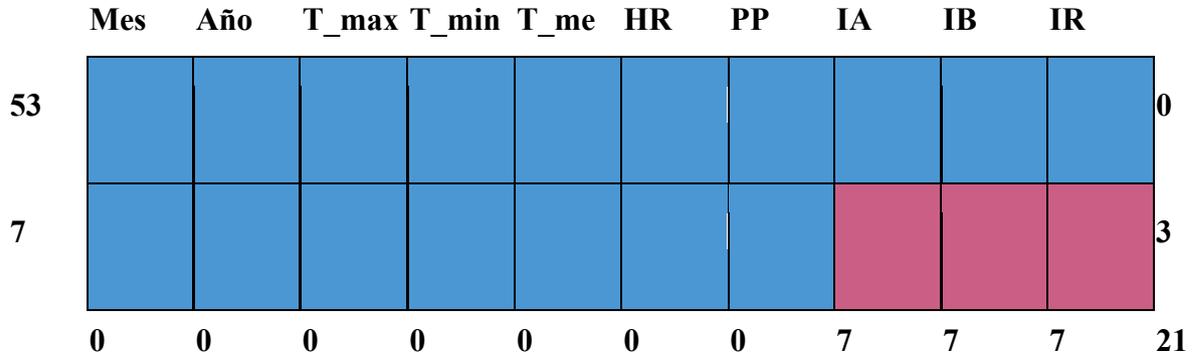


Figura 24. Identificación de datos faltantes en el consolidado de vigilancia por inspección de viviendas de Tingo María.

Se identificaron 7 datos faltantes en cada una de las variables de Índice Aédico (IA), Índice de Breteau (IB) e Índice de Recipiente (IR) respectivamente, acumulándose un total de 21 valores perdidos en la vigilancia entomológica de Tingo María (Figura 24).

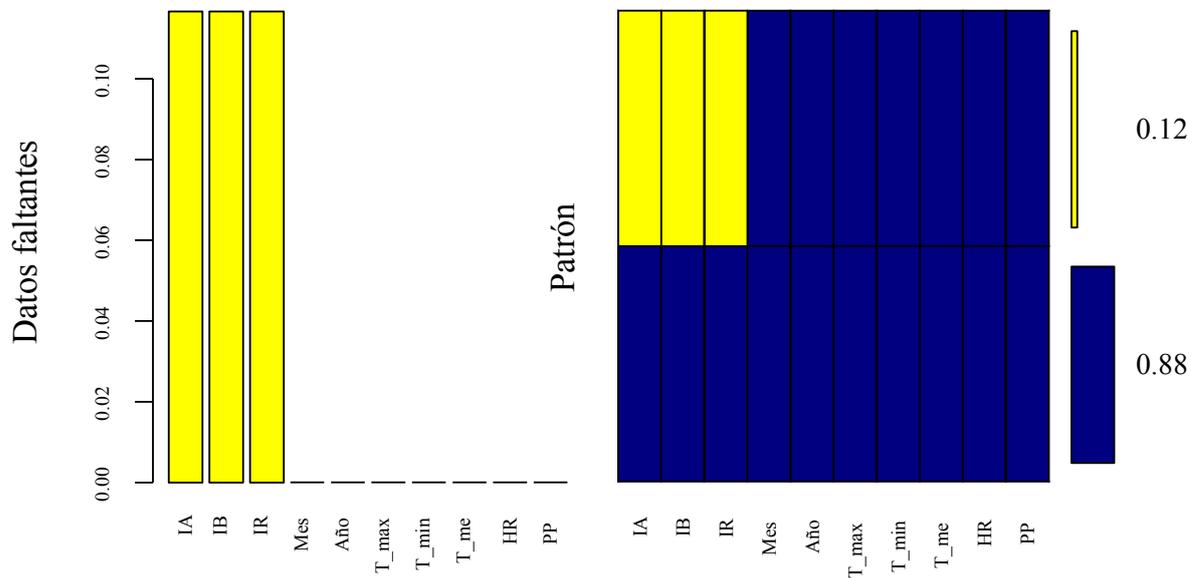


Figura 25. Patrón de datos faltantes del consolidado de vigilancia por inspección de viviendas de Tingo María.

Según el patrón de datos faltantes el 12 % de datos del consolidado de vigilancia por inspección de viviendas de Tingo María son valores perdidos. Estos valores perdidos son debido a que no se realizó la vigilancia entomológica de *Aedes aegypti* en Tingo

María en los meses de marzo, junio y agosto del 2017; mayo y diciembre del 2018; así como en febrero y marzo del 2019 a causa de la falta de presupuesto en el Área de Salud Ambiental de la Red de Salud Leoncio Prado (Figura 25).

b) Imputación de datos con missForest

Los 21 datos faltantes fueron imputados mediante el método no paramétrico missForest, con un total de 2 iteraciones en 30 segundos y con un 0,65 % de error (Error Cuadrático Medio Normalizado [NRMSE] = 0,00649923) (Tabla 20).

Tabla 20. Datos de los índices entomológicos imputados.

Mes	Año	IA	IB	IR
Marzo	2017	6,894	8,104	0,591
Junio	2017	6,261	6,802	0,471
Agosto	2017	6,307	6,906	0,467
Mayo	2018	6,691	8,168	0,552
Diciembre	2018	6,750	8,240	0,591
Febrero	2019	6,434	7,155	0,497
Marzo	2019	6,768	7,869	0,556

c) Identificación de datos faltantes de la vigilancia por ovitrampas

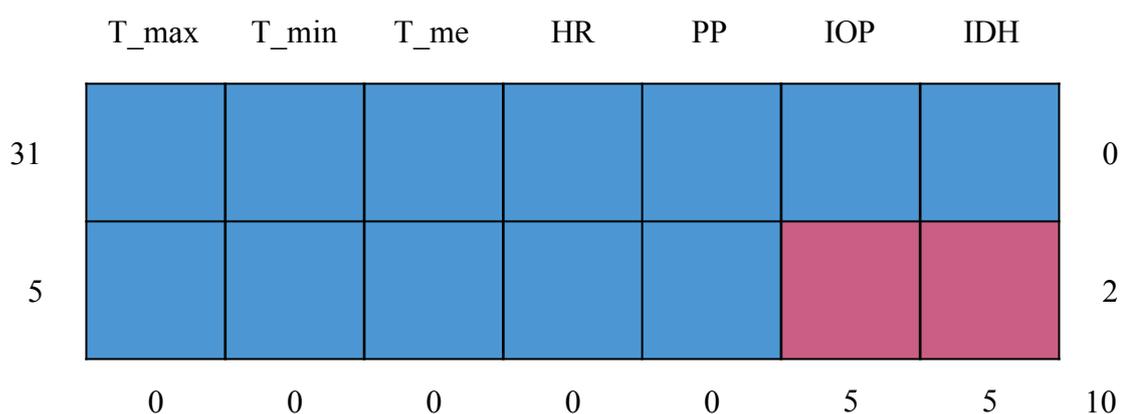


Figura 26. Identificación de datos faltantes en el consolidado de vigilancia por ovitrampas de Tingo María.

Se identificaron un total de 10 datos faltantes debido a la falta de vigilancia por ovitrampas, correspondientes al Índice de Ovitrampas Positivas (IOP) y el Índice de Densidad de Huevos (IDH) (Figura 26).

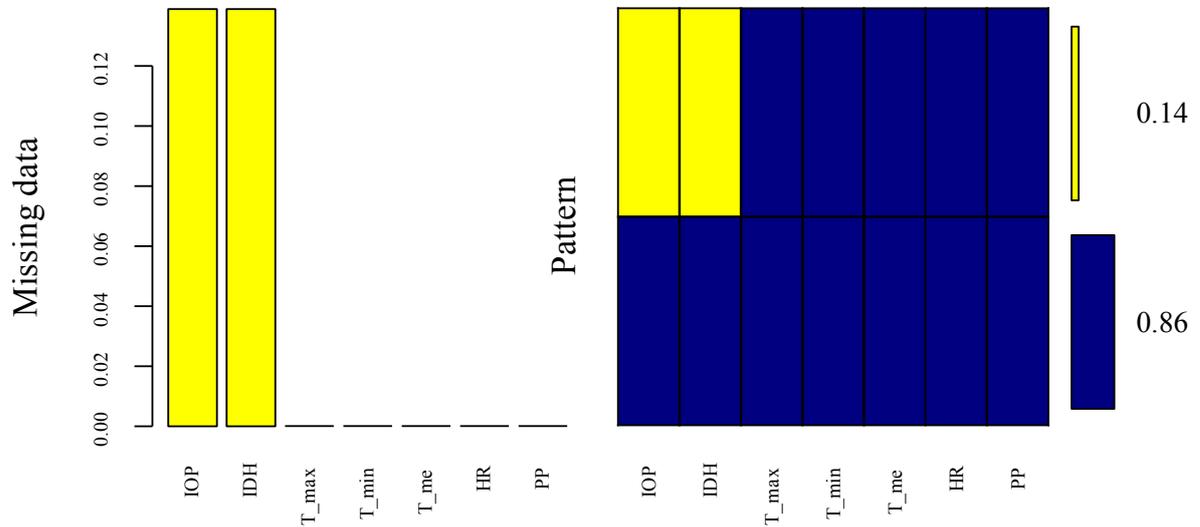


Figura 27. Patrón de datos faltantes del consolidado de vigilancia por ovitrampas de Tingo María.

Según el patrón de datos faltantes el 14 % de datos del consolidado de vigilancia por ovitrampas de Tingo María son valores perdidos. Los valores perdidos se debieron a la falta de vigilancia por ovitrampas en Tingo María en enero del 2016 y de septiembre a diciembre del 2018 (Figura 27).

d) Imputación de datos con missForest

Los 10 datos faltantes fueron imputados mediante el método no paramétrico missForest, con un total de 5 iteraciones en 40 segundos y con un 0,39 % de error (Error Cuadrático Medio Normalizado [NRMSE] = 0,00389613) (Tabla 21).

Tabla 21. Índices de ovitrampas imputados.

Mes	Año	IOP	IDH
Enero	2016	34,893	32,547
Septiembre	2018	23,705	34,712
Octubre	2018	29,498	38,705
Noviembre	2018	33,428	41,047
Diciembre	2018	37,158	33,508

Anexo E. Análisis estadístico de los factores ambientales

Tabla 22. Consolidado de los factores ambientales de Tingo María, 2015-2019.

Mes	Año	T_max	T_min	T_me	HR	PP
Enero	2015	29,60	20,80	25,20	85,00	465,50
Febrero	2015	28,70	20,90	24,80	86,00	534,20
Marzo	2015	30,40	21,00	25,70	85,00	302,60
Abril	2015	30,10	20,50	25,30	84,00	280,60
Mayo	2015	29,90	20,60	25,25	85,00	296,20
Junio	2015	30,20	20,10	25,15	84,00	127,10
Julio	2015	30,00	19,70	24,85	84,00	173,10
Agosto	2015	31,10	19,80	25,45	83,00	50,80
Septiembre	2015	32,40	20,10	26,25	80,00	43,50
Octubre	2015	30,70	20,60	25,65	81,00	147,90
Noviembre	2015	31,30	21,30	26,30	82,00	235,30
Diciembre	2015	30,00	21,10	25,55	83,00	404,90
Enero	2016	31,70	21,50	26,60	82,00	475,50
Febrero	2016	30,40	21,50	25,95	84,00	406,70
Marzo	2016	30,50	21,20	25,85	85,00	373,30
Abril	2016	31,20	21,00	26,10	83,00	151,10
Mayo	2016	30,70	20,60	25,65	82,00	215,20
Junio	2016	29,70	19,70	24,70	83,00	172,70
Julio	2016	30,80	19,00	24,90	82,00	104,70
Agosto	2016	31,30	19,70	25,50	81,00	77,70
Septiembre	2016	31,00	19,70	25,35	81,00	115,80
Octubre	2016	31,20	20,30	25,75	82,00	165,10
Noviembre	2016	32,10	21,10	26,60	81,00	340,30
Diciembre	2016	30,20	20,80	25,50	84,00	421,60
Enero	2017	28,90	20,50	24,70	87,00	391,00
Febrero	2017	29,70	21,00	25,35	86,00	475,80
Marzo	2017	29,70	20,80	25,25	86,00	432,70
Abril	2017	30,90	21,20	26,05	86,00	204,20
Mayo	2017	31,00	21,20	26,10	84,00	326,10
Junio	2017	30,60	20,80	25,70	82,00	158,60
Julio	2017	30,30	19,60	24,95	85,00	26,90
Agosto	2017	31,50	19,80	25,65	83,00	142,40
Septiembre	2017	31,10	20,90	26,00	82,00	221,00
Octubre	2017	31,50	20,90	26,20	82,00	341,30
Noviembre	2017	30,20	21,10	25,65	85,00	688,20
Diciembre	2017	30,30	21,10	25,70	84,00	349,90

Fuente: Estación Principal Tingo María (2021).

Continuación Tabla 22.

Mes	Año	T_max	T_min	T_me	HR	PP
Enero	2018	30,10	20,60	25,35	86,00	404,40
Febrero	2018	29,80	21,20	25,50	85,00	305,90
Marzo	2018	29,60	21,40	25,50	84,00	485,50
Abril	2018	29,90	20,60	25,25	85,00	224,80
Mayo	2018	30,60	19,70	25,15	84,00	181,20
Junio	2018	29,40	19,70	24,55	85,00	182,60
Julio	2018	30,40	19,50	24,95	83,00	62,40
Agosto	2018	30,70	19,00	24,85	82,00	214,60
Septiembre	2018	32,30	20,00	26,15	79,00	80,40
Octubre	2018	30,50	21,00	25,75	83,00	485,50
Noviembre	2018	29,60	21,30	25,45	87,00	494,10
Diciembre	2018	30,30	21,40	25,83	87,00	454,40
Enero	2019	29,90	21,00	25,45	85,00	547,60
Febrero	2019	29,60	21,00	25,30	84,00	159,10
Marzo	2019	30,20	21,00	25,60	85,00	500,90
Abril	2019	30,50	21,20	25,85	84,00	212,00
Mayo	2019	31,00	20,90	25,95	84,00	214,20
Junio	2019	30,80	20,40	25,60	84,00	128,20
Julio	2019	30,30	20,20	25,25	84,00	230,60
Agosto	2019	31,20	19,30	25,25	82,00	64,50
Septiembre	2019	31,40	20,50	25,95	82,00	122,80
Octubre	2019	30,40	20,80	25,60	84,00	312,60
Noviembre	2019	31,10	21,30	26,20	82,00	365,80
Diciembre	2019	29,80	21,30	25,50	86,00	690,30

Fuente: Estación Principal Tingo María (2021).

Tabla 23. Descriptivos para la Temperatura Máxima (°C) de Tingo María, 2015- 2019.

Año	n	Media	DE	Mín.	Q ₁	Mediana	Q ₃	Máx.
2015	12	30,37	0,93	28,7	29,98	30,15	30,8	32,4
2016	12	30,9	0,66	29,7	30,48	30,9	31,23	32,1
2017	12	30,48	0,79	28,9	30,08	30,45	31,02	31,5
2018	12	30,27	0,77	29,4	29,75	30,2	30,52	32,3
2019	12	30,52	0,59	29,6	30,12	30,45	31,02	31,4

Tabla 24. Descriptivos para la Temperatura Mínima (°C) de Tingo María, 2015- 2019.

Año	n	Media	DE	Mín.	Q₁	Mediana	Q₃	Máx.
2015	12	20,54	0,52	19,7	20,1	20,6	20,92	21,3
2016	12	20,51	0,82	19	19,7	20,7	21,12	21,5
2017	12	20,74	0,53	19,6	20,73	20,9	21,1	21,2
2018	12	20,45	0,84	19	19,7	20,6	21,23	21,4
2019	12	20,74	0,57	19,3	20,48	20,95	21,05	21,3

Tabla 25. Descriptivos para la Temperatura Media (°C) de Tingo María, 2015- 2019.

Año	n	Media	DE	Mín.	Q₁	Mediana	Q₃	Máx.
2015	12	25,45	0,47	24,8	25,19	25,38	25,66	26,3
2016	12	25,7	0,58	24,7	25,46	25,7	25,99	26,6
2017	12	25,61	0,47	24,7	25,32	25,68	26,01	26,2
2018	12	25,36	0,45	24,55	25,1	25,4	25,56	26,15
2019	12	25,62	0,31	25,25	25,41	25,6	25,88	26,2

Tabla 26. Descriptivos para la Humedad Relativa (%) de Tingo María, 2015- 2019.

Año	n	Media	DE	Mín.	Q₁	Mediana	Q₃	Máx.
2015	12	83,5	1,78	80	82,75	84	85	86
2016	12	82,5	1,31	81	81,75	82	83,25	85
2017	12	84,33	1,78	82	82,75	84,5	86	87
2018	12	84,17	2,25	79	83	84,5	85,25	87
2019	12	83,83	1,27	82	83,5	84	84,25	86

Tabla 27. Descriptivos para la Precipitación pluvial (mm) de Tingo María, 2015- 2019.

Año	n	Media	DE	Mín.	Q₁	Mediana	Q₃	Máx.
2015	12	255,14	156,87	43,5	142,7	257,95	328,18	534,2
2016	12	251,64	141,79	77,7	142,28	193,95	381,65	475,5
2017	12	313,18	177,13	26,9	192,8	333,7	401,42	688,2
2018	12	297,98	161,45	62,4	182,25	265,35	462,18	494,1
2019	12	295,72	194,1	64,5	151,38	222,4	399,58	690,3

Anexo D. Análisis estadístico de los índices entomológicos

Tabla 28. Consolidado de los índices entomológicos de Tingo María, 2015-2019.

Mes	Año	IA	IB	IR	IOP ¹	IDH ¹
Enero	2015	7,76	8,51	0,659	-	-
Febrero	2015	4,93	5,12	0,369	-	-
Marzo	2015	2,20	2,46	0,221	-	-
Abril	2015	3,69	4,43	0,378	-	-
Mayo	2015	4,28	5,48	0,509	-	-
Junio	2015	4,01	4,77	0,374	-	-
Julio	2015	2,24	2,52	0,205	-	-
Agosto	2015	3,27	3,76	0,320	-	-
Septiembre	2015	2,44	2,92	0,225	-	-
Octubre	2015	4,03	3,78	0,378	-	-
Noviembre	2015	7,28	8,34	0,675	-	-
Diciembre	2015	3,84	4,62	0,434	-	-
Enero	2016	8,59	10,66	0,886	34,9	32,5
Febrero	2016	11,23	14,58	1,058	56,0	20,9
Marzo	2016	6,03	7,36	0,558	47,6	23,2
Abril	2016	4,10	4,67	0,573	51,5	22,4
Mayo	2016	4,08	5,86	0,454	19,5	33,5
Junio	2016	0,33	0,33	0,024	14,7	37,6
Julio	2016	1,51	1,34	0,149	14,4	38,2
Agosto	2016	3,43	3,81	0,362	19,1	31,4
Septiembre	2016	1,09	1,25	0,087	27,2	34,3
Octubre	2016	3,90	4,70	0,251	21,4	33,1
Noviembre	2016	5,15	7,63	0,554	28,0	30,8
Diciembre	2016	8,57	10,67	0,520	31,6	27,6
Enero	2017	11,69	13,03	1,051	31,5	33,5
Febrero	2017	10,53	13,53	1,153	37,6	47,8
Marzo	2017	6,89	8,10	0,591	31,2	29,3
Abril	2017	8,61	10,92	1,036	31,2	35,1
Mayo	2017	8,55	11,05	0,838	27,2	29,4
Junio	2017	6,26	6,80	0,471	25,0	32,9
Julio	2017	4,18	4,89	0,424	24,2	38,7
Agosto	2017	6,31	6,91	0,467	21,5	40,0
Septiembre	2017	7,55	7,55	0,648	25,6	38,9
Octubre	2017	1,65	1,65	0,124	27,2	43,5
Noviembre	2017	6,42	6,67	0,476	22,6	49,4
Diciembre	2017	4,60	5,23	0,402	31,7	48,2

¹Índices determinados en el periodo 2016-2018. Fuente: Red de Salud Leoncio Prado (2021).

Continuación Tabla 28.

Mes	Año	IA	IB	IR	IOP ¹	IDH ¹
Enero	2018	7,50	7,92	0,584	34,5	14,5
Febrero	2018	8,92	9,15	0,727	31,5	45,4
Marzo	2018	9,72	11,14	0,615	31,6	44,7
Abril	2018	12,65	15,22	0,923	29,8	49,7
Mayo	2018	6,69	8,17	0,552	31,5	53,3
Junio	2018	13,88	16,97	1,147	33,1	51,6
Julio	2018	8,35	10,02	0,628	27,2	41,2
Agosto	2018	6,85	8,63	0,530	18,8	33,5
Septiembre	2018	6,24	7,13	0,488	23,7	34,7
Octubre	2018	10,78	12,84	0,839	29,5	38,7
Noviembre	2018	7,76	8,86	0,670	33,4	41,0
Diciembre	2018	6,75	8,24	0,591	37,2	33,5
Enero	2019	12,77	13,48	0,985	-	-
Febrero	2019	6,43	7,16	0,497	-	-
Marzo	2019	6,77	7,87	0,556	-	-
Abril	2019	10,44	11,37	0,999	-	-
Mayo	2019	8,70	10,39	0,834	-	-
Junio	2019	7,69	9,43	0,598	-	-
Julio	2019	7,69	8,12	0,615	-	-
Agosto	2019	4,43	4,43	0,310	-	-
Septiembre	2019	4,07	4,75	0,315	-	-
Octubre	2019	9,31	11,46	0,704	-	-
Noviembre	2019	10,67	12,99	0,772	-	-
Diciembre	2019	7,16	8,11	0,569	-	-

¹Índices determinados en el periodo 2016-2018. Fuente: Red de Salud Leoncio Prado (2021).

Tabla 29. Descriptivos para el Índice Aédico de Tingo María, 2015- 2019.

Año	n	Media	DE	Mín.	Q ₁	Mediana	Q ₃	Máx.
2015	12	4,16	1,78	2,2	3,06	3,93	4,44	7,76
2016	12	4,83	3,3	0,33	2,95	4,09	6,67	11,23
2017	12	6,94	2,75	1,65	5,85	6,66	8,56	11,69
2018	12	8,84	2,47	6,24	6,83	8,05	9,98	13,88
2019	12	8,01	2,54	4,07	6,68	7,69	9,59	12,77

Tabla 30. Descriptivos para el Índice de Breteau de Tingo María, 2015- 2019.

Año	n	Media	DE	Mín.	Q₁	Mediana	Q₃	Máx.
2015	12	4,73	1,99	2,46	3,55	4,53	5,21	8,51
2016	12	6,07	4,33	0,33	3,2	5,28	8,39	14,58
2017	12	8,03	3,52	1,65	6,31	7,23	10,95	13,53
2018	12	10,36	3,11	7,13	8,22	9,01	11,56	16,97
2019	12	9,13	2,93	4,43	7,69	8,77	11,39	13,48

Tabla 31. Descriptivos para el Índice de Recipiente de Tingo María, 2015- 2019.

Año	n	Media	DE	Mín.	Q₁	Mediana	Q₃	Máx.
2015	12	0,4	0,16	0,2	0,3	0,38	0,45	0,67
2016	12	0,46	0,31	0,02	0,23	0,49	0,56	1,06
2017	12	0,64	0,31	0,12	0,46	0,53	0,89	1,15
2018	12	0,69	0,19	0,49	0,58	0,62	0,75	1,15
2019	12	0,65	0,23	0,31	0,54	0,61	0,79	1

Tabla 32. Descriptivos para el Índice de Ovitrampas Positivas de Tingo María, 2016- 2018.

Año	n	Media	DE	Mín.	Q₁	Mediana	Q₃	Máx.
2016	12	30,5	14,35	14,44	19,4	27,62	38,07	56
2017	12	28,06	4,66	21,49	24,84	27,24	31,3	37,6
2018	12	30,16	4,99	18,79	28,93	31,51	33,21	37,16

Tabla 33. Descriptivos para el Índice de Densidad de Huevos de Tingo María, 2016- 2018.

Año	n	Media	DE	Mín.	Q₁	Mediana	Q₃	Máx.
2016	12	30,48	5,75	20,93	26,53	31,99	33,71	38,18
2017	12	38,88	7,15	29,28	33,3	38,8	44,59	49,39
2018	12	40,17	10,55	14,5	34,42	41,1	46,47	53,34

Tabla 34. ANOVA para el Índice Aédico del periodo 2015-2019.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	Pr(>F)	Sig.
(Intercepto)	208,01	1	208,01	30,38	0	
Año	194	4	48,5	7,083	0,000113	***
Error	376,6	55	6,85			
Total	570,6	59				

CV: 47,4%; Poco significativo (*), Significativo (**), Muy significativo (***), No significativo (ns).

Tabla 35. ANOVA para el Índice de Breteau del periodo 2015-2019.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	Pr(>F)	Sig.
(Intercepto)	268	1	268	25,12	0	
Año	248,4	4	62,1	5,82	0,000559	***
Error	586,8	55	10,67			
Total	835,2	59				

CV: 49,1%; Poco significativo (*), Significativo (**), Muy significativo (***), No significativo (ns).

Tabla 36. ANOVA para el Índice de Recipiente del periodo 2015-2019.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	Pr(>F)	Sig.
(Intercepto)	1,88	1	1,88	30,71	0	
Año	0,825	4	0,20618	3,372	0,0154	*
Error	3,363	55	0,06114			
Total	4,188	59				

CV: 47,1%; Poco significativo (*), Significativo (**), Muy significativo (***), No significativo (ns).

Tabla 37. ANOVA para el Índice de Ovitrampas Positivas del periodo 2016-2018.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	Pr(>F)	Sig.
(Intercepto)	11161,39	1	11161,39	132,67	0	
Año	41,9	2	20,97	0,249	0,781	ns
Error	2776,2	33	84,13			
Total	2818,1	35				

CV: 30,3%; Poco significativo (*), Significativo (**), Muy significativo (***), No significativo (ns).

Tabla 38. ANOVA para el Índice de Densidad de Huevos del periodo 2016-2018.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	Pr(>F)	Sig.
(Intercepto)	11145,02	1	11145,02	170,93	0	
Año	664,9	2	332,5	5,099	0,0118	*
Error	2151,7	33	65,2			
Total	2816,6	35				

CV: 24,6%; Poco significativo (*), Significativo (**), Muy significativo (***), No significativo (ns).

Tabla 39. Supuestos estadísticos para los índices entomológicos.

Índice entomológico	Año	Normalidad ¹ (Shapiro - Wilk)	Homocedastici dad ¹ (Levene)	Independencia ¹ (Durbin- Watson)	Linealidad (Media residual)
Índice Aédico	2015	0,058	0,551	0,00556	1,12003E-16
	2016	0,579			
	2017	0,984			
	2018	0,098			
	2019	0,951			
Índice de Breteau	2015	0,081	0,264	0,000942	-1,14712E-16
	2016	0,662			
	2017	0,697			
	2018	0,035			
	2019	0,703			
Índice de Recipiente	2015	0,161	0,181	0,001105	1,295E-17
	2016	0,625			
	2017	0,318			
	2018	0,051			
	2019	0,618			
Índice de Ovitrampas Positivas	2016	0,153	0,00347	3,80E-06	3,27E-16
	2017	0,552			
	2018	0,278			
Índice de Densidad de Huevos	2016	0,279	0,353	0,07802	-2,91E-16
	2017	0,345			
	2018	0,197			

¹ Los p-valor evaluados mediante pruebas estadísticas al 99% de significancia ($\alpha = 0,01$). No significativo (ns).

Tabla 40. Coeficientes de correlación y determinación del IA y los factores ambientales.

R / R ²	IA	T _{max}	T _{min}	T _{me}	HR	PP
IA	1	0,098	0,152	0,000	0,168	0,157
T_{max}	-0,312	1	0,023	0,512	0,617	0,221
T_{min}	0,389	-0,150	1	0,340	0,125	0,470
T_{me}	0,020	0,715	0,583	1	0,158	0,009
HR	0,410	-0,786	0,354	-0,3971	1	0,313
PP	0,396	-0,471	0,686	0,0950	0,560	1

Tabla 41. Estimadores del modelo para el Índice Aédico.

Fuente de variación	Estimadores	IC (0,95)	SE	tc	Pr(>t)	Sig.
(Intercepto)	-55,520	[-155,5; 44,4]	49,843	-1,114	0,270	ns
Temperatura máxima	-30,094	[-87,8; 27,6]	28,774	-1,046	0,300	ns
Temperatura mínima	-28,947	[-87,2; 29,3]	29,031	-0,997	0,323	ns
Temperatura media	60,057	[-55,9; 175,9]	57,823	1,039	0,304	ns
Humedad relativa	0,493	[-0,24; 1,23]	0,367	1,342	0,185	ns
Precipitación	0,002	[-0,01; 0,01]	0,004	0,613	0,543	ns
RSE = 0,2366		R ² = 0,2547	R ² ajustado = 0,1857		p = 0,006039	

Poco significativo (*), Significativo (**), Muy significativo (***), No significativo (ns).

Tabla 42. Coeficientes de correlación y determinación del IB y los factores ambientales.

R / R ²	IB	T_max	T_min	T_me	HR	PP
IB	1	0,073	0,152	0,003	0,151	0,145
T_max	-0,270	1	0,023	0,512	0,617	0,221
T_min	0,390	-0,150	1	0,340	0,125	0,470
T_me	0,055	0,715	0,583	1	0,158	0,009
HR	0,389	-0,786	0,354	-0,397	1	0,313
PP	0,381	-0,471	0,686	0,095	0,560	1

Tabla 43. Estimadores del modelo para el Índice de Breteau.

Fuente de variación	Estimadores	IC (0,95)	SE	tc	Pr(>t)	Sig.
(Intercepto)	-83,709	[-205,7; 38,3]	60,853	-1,376	0,175	ns
Temperatura máxima	-37,208	[-107,6; 33,2]	35,130	-1,059	0,294	ns
Temperatura mínima	-36,158	[-107,2; 34,9]	35,444	-1,020	0,312	ns
Temperatura media	74,932	[-66,6; 216,5]	70,595	1,061	0,293	ns
Humedad relativa	0,668	[-0,23; 1,57]	0,448	1,489	0,142	ns
Precipitación	0,003	[-0,01; 0,01]	0,005	0,604	0,548	ns
RSE = 3,426		R ² = 0,2411	R ² ajustado = 0,1708		p = 0,009174	

Poco significativo (*), Significativo (**), Muy significativo (***), No significativo (ns).

Tabla 44. Coeficientes de correlación y determinación del IR y los factores ambientales.

R / R ²	IR	T_max	T_min	T_me	HR	PP
IR	1	0,063	0,203	0,013	0,187	0,128
T_max	-0,251	1	0,023	0,512	0,617	0,221
T_min	0,450	-0,150	1	0,340	0,125	0,470
T_me	0,113	0,715	0,583	1	0,158	0,009
HR	0,432	-0,786	0,354	-0,397	1	0,313
PP	0,358	-0,471	0,686	0,095	0,560	1

Tabla 45. Estimadores del modelo para el Índice de Recipiente.

Fuente de variación	Estimadores	IC (0,95)	SE	tc	Pr(>t)	Sig.
(Intercepto)	-9,750	[-17,9; -1,55]	4,089	-2,385	0,0206	*
Temperatura máxima	-2,894	[-7,63; 1,84]	2,360	-1,226	0,2255	ns
Temperatura mínima	-2,802	[-7,58; 1,97]	2,382	-1,176	0,2446	ns
Temperatura media	5,887	[-3,62; 15,4]	4,743	1,241	0,2199	ns
Humedad relativa	0,071	[0,01; 0,13]	0,030	2,344	0,0228	*
Precipitación	-0,00004	[-0,00; 0,00]	0,00031	-0,138	0,8909	ns
RSE = 0,2302		R ² = 0,2164	R ² ajustado = 0,2531	p = 0,0007791		

Poco significativo (*), Significativo (**), Muy significativo (***), No significativo (ns).

Tabla 46. Coeficientes de correlación y determinación del IOP y los factores ambientales.

R / R ²	IOP	T_max	T_min	T_me	HR	PP
IOP	1	0,031	0,364	0,091	0,178	0,147
T_max	-0,175	1	0,006	0,487	0,600	0,125
T_min	0,603	-0,077	1	0,435	0,136	0,529
T_me	0,301	0,698	0,660	1	0,103	0,065
HR	0,422	-0,775	0,369	-0,321	1	0,257
PP	0,384	-0,354	0,727	0,255	0,507	1

Tabla 47. Estimadores del modelo para el Índice de Ovitrampas Positivas.

Fuente de variación	Estimadores	IC (0,95)	SE	tc	Pr(>t)	Sig.
(Intercepto)	-307,032	[-646,2; 32,1]	166,047	-1,849	0,0743	ns
Temperatura máxima	-59,630	[-467; 347]	199,282	-0,299	0,7668	ns
Temperatura mínima	-52,391	[-461; 356]	200,106	-0,262	0,7953	ns
Temperatura media	121,065	[-696; 938,1]	400,056	0,303	0,7643	ns
Humedad relativa	1,743	[-0,73; 4,22]	1,212	1,439	0,1606	ns
Precipitación	-0,015	[-0,04; 0,01]	0,013	-1,165	0,2532	ns
RSE = 7,234		R ² = 0,4429	R ² ajustado = 0,3501	p = 0,0002515		

Poco significativo (*), Significativo (**), Muy significativo (***), No significativo (ns).

Tabla 48. Coeficientes de correlación y determinación del IDH y los factores ambientales.

R / R ²	IDH	T_max	T_min	T_me	HR	PP
IDH	1	0,064	0,028	0,097	0,009	0,00
T_max	-0,254	1	0,006	0,487	0,600	0,125
T_min	-0,168	-0,077	1	0,435	0,136	0,529
T_me	-0,312	0,698	0,660	1	0,103	0,065
HR	0,095	-0,775	0,369	-0,321	1	0,257
PP	-0,002	-0,354	0,727	0,255	0,507	1

Tabla 49. Estimadores del modelo para el Índice de Densidad de Huevos.

Fuente de variación	Estimadores	IC (0,95)	SE	tc	Pr(>t)	Sig.
(Intercepto)	266,400	[-161; 694,7]	209,719	1,270	0,214	ns
Temperatura máxima	-20,023	[-534,1; 494]	251,694	-0,080	0,937	ns
Temperatura mínima	-18,755	[-535; 497,4]	252,736	-0,074	0,941	ns
Temperatura media	32,076	[-999; 1064]	505,274	0,063	0,95	ns
Humedad relativa	-0,647	[-3,77; 2,48]	1,530	-0,423	0,676	ns
Precipitación	0,006	[-0,03; 0,04]	0,016	0,402	0,691	ns
RSE = 9,136		R ² = 0,1109	R ² ajustado = -0,03725		p = 0,5936	

Poco significativo (*), Significativo (**), Muy significativo (***), No significativo (ns).

Tabla 50. Supuestos estadísticos para los modelos de regresión lineal múltiple.

Modelo de regresión	Normalidad ¹	Homocedasticidad ¹	Independencia ¹	Linealidad
	Lillie K-S	Breusch-Pagan	Durbin-Watson	Media residual
$\hat{I}A_1$	0,339	0,158	3,31E-05	-5,63E-17
$\hat{I}B_1$	0,157	0,231	8,47E-06	-1,96E-16
$\hat{I}R_1$	0,199	0,336	0,002	-1,29E-17
$\hat{I}OP_1$	0,058	0,336	0,001	-4,12E-16
$\hat{I}DH_1$	0,978	0,167	0,052	4,32E-16

¹ Los p-valor evaluados mediante pruebas estadísticas al 99% de significancia ($\alpha = 0,01$). No significativo (ns).

Tabla 51. ANOVA del modelo ajustado para el Índice Aédico.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	Pr(>F)	Sig.
Humedad relativa	96.04	1	96.039	12.5665	0.0007925	***
Temperatura mínima	38.94	1	38.941	5.0953	0.0278397	*
Error	435.62	57	7.643			
Total	570.6	59				

Poco significativo (*), Significativo (**), Muy significativo (***), No significativo (ns).

Tabla 52. ANOVA del modelo ajustado para el Índice de Breteau.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	Pr(>F)	Sig.
Temperatura mínima	2.52	1	2.517	0.2156	0.644185	ns
Humedad relativa	167.22	1	167.223	14.3227	0.000372	***
Error	665.5	57	11.675			
Total	835.24	59				

Poco significativo (*), Significativo (**), Muy significativo (***), No significativo (ns).

Tabla 53. ANOVA del modelo ajustado para el Índice de Recipiente.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	Pr(>F)	Sig.
Temperatura mínima	0.84781	1	0.84781	16.2054	0.0001697	***
Humedad relativa	0.35676	1	0.35676	6.8191	0.0115065	*
Error	2.98206	57	0.05232			
Total	4.18663	59				

Poco significativo (*), Significativo (**), Muy significativo (***), No significativo (ns).

Tabla 54. ANOVA del modelo ajustado para el Índice de Ovitrapas Positivas.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	Pr(>F)	Sig.
Temperatura mínima	1026.04	1	1026.04	20.3696	7.68E-05	***
Humedad relativa	129.85	1	129.85	2.5779	0.1179	ns
Error	1662.24	33	50.37			
Total	2818.13	35				

*: Poco significativo; **: Significativo; ***: Muy significativo; ns: no significativo.

Tabla 55. ANOVA del modelo ajustado para el Índice de Densidad de Huevos.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	Pr(>F)	Sig.
Temperatura media	273.91	1	273.911	3.6626	0.0641	***
Error	2542.73	33	74.786			
Total	2816.64	34				

Poco significativo (*), Significativo (**), Muy significativo (***), No significativo (ns).

Apéndice 2. Galería de fotos



Figura 28. Visita a la Red de Salud de Leoncio Prado.



Figura 29. Visita al Área de Salud Ambiental - Vectores.



Figura 30. Acompañamiento a la brigada de la Red de Salud Leoncio Prado en la vigilancia entomológica del Sector I.



Figura 31. Jefe de brigada concientizando al propietario de la vivienda inspeccionada.



Figura 32. Jefe de brigada en inspección indirecta de las actividades de vigilancia.



Figura 33. Inspección de llantas con agua acumulada en el Sector I.



Figura 34. Inspección de tanque bajo de una vivienda del Sector VI.



Figura 35. Inspección de ladrillos con agua acumulada de una vivienda del Sector VI.



Figura 36. Recolección de muestras extraídas de ladrillos con agua acumulada.



Figura 37. Recolección de muestras extraídas de una maceta con agua acumulada.



Figura 38. Larvas de *Aedes aegypti* encontradas en llantas en desuso.



Figura 39. Larvas de *Aedes aegypti* recolectados en viales.



Figura 40. Viales con larvas y pupas de *A. aegypti* encontrados en la vigilancia entomológica del Sector I.

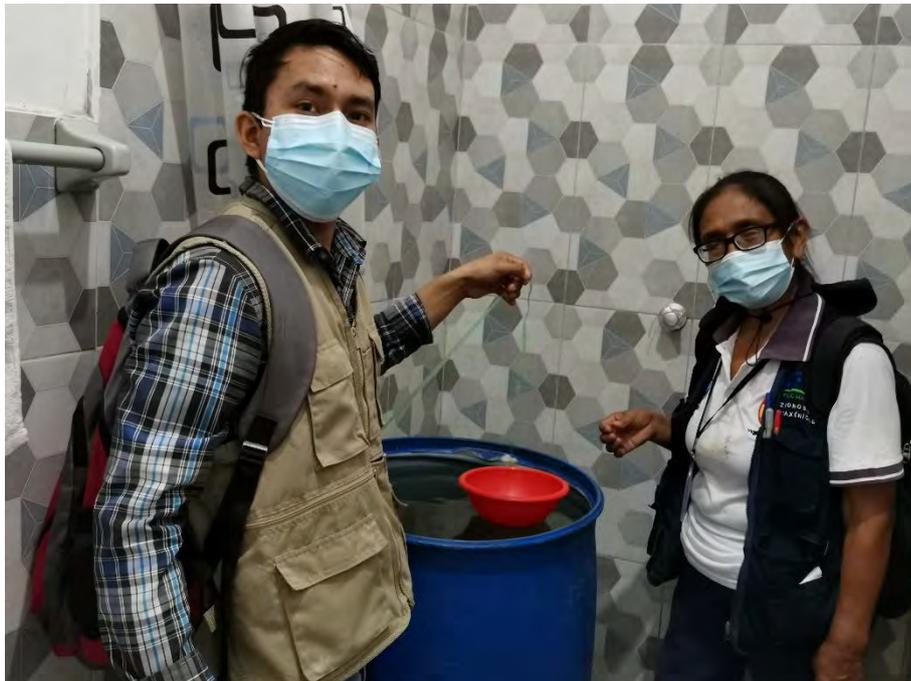


Figura 41. Aplicación de larvicidas (piriproxifen) en tanque bajo.



Figura 44. Preparación del líquido atrayente de las ovitrampas.



Figura 45. Adecuación e instalación de ovitrampas en el Sector I.



Figura 46. Huevos de *Aedes aegypti* atrapados en la ovitrampa N°05 del Sector V.



Figura 47. Garita meteorológica de la Estación Principal Tingo María-UNAS (CP).



Figura 48. Pluviómetro de 64 ml de la Estación Principal Tingo María-UNAS (CP).



Figura 49. Medición de precipitación acumulada en el pluviómetro.



Figura 50. Estación automática (HOBO) de la Estación Principal Tingo María-UNAS (CP).



Figura 51. Gabinete de la Estación Principal Tingo María-UNAS (CP).