



Universidad
Nacional
de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente

COMPARACIÓN DE RIQUEZA Y ABUNDANCIA DE INSECTOS NOCTURNOS EN RESPUESTA A LA UBICACIÓN, POTENCIA Y TIPO DE LUZ ARTIFICIAL EN LA CIUDAD DE YANTZAZA, ZAMORA CHINCHIPE

Tesis de grado previo a la obtención del título de Ingeniera en Manejo y Conservación del Medio Ambiente

Autora: **Astrid Carolina Ojeda Quezada**

Directora de Tesis: **Blga. Aura Paucar Cabrera, PhD.**



Loja 2021

CERTIFICACIÓN DE DIRECCIÓN DE TESIS

Loja, 10 de septiembre de 2020

En calidad de directora de tesis **CERTIFICO** que la Señorita **Astrid Carolina Ojeda Quezada**, portadora de la cedula de ciudadanía N° **1950058865**, egresada de la Carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente de la Universidad Nacional de Loja, ha desarrollado la Tesis de Grado titulada "**Comparación de riqueza y abundancia de insectos nocturnos en respuesta a la ubicación, potencia y tipo de luz artificial en la ciudad de Yantzaza, Zamora Chinchipe**", la misma que ha sido debidamente dirigida y revisada cumpliendo con todas las normas reglamentarias vigentes y dentro del cronograma establecido.

Por tal razón, autorizo la presentación y publicación de la presente Tesis de Grado.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:
**AURA DEL CARMEN
PAUCAR CABRERA**

Bлга. Aura Paucar Cabrera, PhD.

DIRECTOR/A DE TESIS

CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Loja, 13 de septiembre de 2021

En calidad de Tribunal Calificador de la Tesis de Grado titulada “**Comparación de riqueza y abundancia de insectos nocturnos en respuesta a la ubicación, potencia y tipo de luz artificial en la ciudad de Yantzaza, Zamora Chinchipe**”, de autoría de la Señorita Astrid Carolina Ojeda Quezada egresada de la Carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente de la Universidad Nacional de Loja, **CERTIFICAN** que ha incorporado todas las sugerencias efectuadas por sus miembros, por tal motivo se procede a la calificación y aprobación del trabajo de Tesis de Grado.

Por lo tanto, autorizamos a la Señorita egresada, su publicación y difusión

Atentamente,

Ing. Raquel Verónica Hernández Ocampo Mg. Sc.,
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
**RAQUEL VERONICA
HERNANDEZ OCAMPO**

Ing. Diana Karina Ochoa Gordillo Mg. Sc.
VOCAL DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
**DIANA KARINA
OCHOA
GORDILLO**

Ing. Daniela Alejandra Román Cáceres Mg. Sc.
VOCAL DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
**DANIELA
ALEJANDRA ROMAN
CACERES**

AUTORÍA

Yo, **Astrid Carolina Ojeda Quezada**, declaro ser autora de la Tesis titulada “**Comparación de riqueza y abundancia de insectos nocturnos en respuesta a la ubicación, potencia y tipo de luz artificial en la ciudad de Yantzaza, Zamora Chinchipe**”, y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional – Biblioteca Virtual.



Firmado
digitalmente por
ASTRID CAROLINA
OJEDA QUEZADA
Fecha: 2021.10.22
14:02:16 -05'00'

Firma:

Autora: Astrid Carolina Ojeda Quezada

Cédula: 1950058865

Fecha: Loja, 22 de octubre del 2021

CARTA DE AUTORIZACIÓN

Yo, Astrid Carolina Ojeda Quezada, declaro ser autora de la Tesis de Grado titulada **“Comparación de riqueza y abundancia de insectos nocturnos en respuesta a la ubicación, potencia y tipo de luz artificial en la ciudad de Yantzaza, Zamora Chinchipe”** como requisito para optar al Grado de Ingeniera en Manejo y Conservación del Medio Ambiente, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional (RDI).

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja a los veintidós días del mes de octubre del dos mil veintiuno, firma la autora.



Firmado digitalmente por
ASTRID CAROLINA
OJEDA QUEZADA
Fecha: 2021.10.22
14:02:16 -05'00'

Autora: Astrid Carolina Ojeda Quezada

Cédula de identidad: 1950058865

Dirección: Luis Bastidas y Twintza. Yantzaza

Celular: 0989363075

Correo electrónico: acojedaq@unl.edu.ec

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de tesis:

Blga. Aura del Carmén Paucar Cabrera, PhD.

Tribunal de grado:

Ing. Raquel Verónica Hernández Ocampo Mg. Sc.

Ing. Diana Karina Ochoa Gordillo Mg. Sc.

Ing. Daniela Alejandra Román Cáceres Mg. Sc.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme dado la fortaleza para cumplir una meta más en mi vida, de la misma manera a mi familia por su apoyo incondicional siempre.

Agradecimiento especial al Dr. Luis Rodríguez (UNL) por haber contribuido con las bases esenciales para el presente proyecto, al Blgo. Fernando Gaona (UTPL), por compartirme sus conocimientos sobre la colecta y preservación de insectos, a la Dra. Helena España por sus sugerencias y correcciones; a mis compañeros de carrera especialmente a Teresa Atocha, y Teresa Encalada quienes me colaboraron en el montaje de insectos. A mis asistentes de campo Estalin Yaguana, Diego Bravo, mis hermanos Bryan y Janeth y mi querido Padre, gracias a todos ustedes por haberse involucrado y ayudarme con la colecta de insectos, de otra manera el estudio no hubiese sido posible.

Finalmente, mi agradecimiento y gratitud a dos excelentes profesionales Dra. Aura Paucar Cabrera Directora de tesis y el Ing. Christian Mendoza Técnico del LOUNAZ, quienes me apoyaron arduamente brindando sus conocimientos y sugerencias para que el trabajo se realice de la mejor manera, gracias por su paciencia y entrega a este proyecto.

Astrid |

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a tres personas muy importantes en mi vida y sobre todo por el apoyo invaluable que me brindaron durante esta etapa universitaria, mi Papá Melecio Ojeda por enseñarme a valorar la vida y que cada sacrificio vale la pena, mi querida abuelita Lilia Labanda y a mi querido tío Guillermo, gracias por recibirme en su hogar, apoyarme y darme siempre ánimos para que continúe con esta meta tan anhelada.

A mis hermanos y sobrinos gracias por su apoyo y consejos.

A mis amigos y compañeros por sus consejos, risas, por contribuir con sugerencias en mi trabajo y en la fase de campo, gracias por hacer más llevadera mi estancia en Loja.

Astrid.

ÍNDICE GENERAL

PORTADA	I
CERTIFICACIÓN DE DIRECCIÓN DE TESIS	II
CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE TESIS.....	III
AUTORÍA	IV
CARTA DE AUTORIZACIÓN	V
AGRADECIMIENTO	VI
DEDICATORIA	VII
ÍNDICE GENERAL.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
TITULO	XII
RESUMEN.....	XIII
ABSTRACT	XIV
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Contaminación Lumínica:	4
2.2. Formas de Contaminación Lumínica	4
2.3. Efectos de la contaminación lumínica.....	5
2.3.1. <i>Efectos de la Luz Artificial en los Insectos.</i>	6
2.4. Tipos de Luminarias.....	9
2.5. Como Reducir los Impactos de la Contaminación Lumínica en los Insectos.	10
3. METODOLOGÍA	12
3.1. Área de Estudio.	12

3.2. Cuantificar Riqueza y Abundancia de Insectos Nocturnos de Acuerdo al Tipo de Luminaria.	13
3.2.1. <i>Diseño y Colocación de Trampas</i>	13
3.2.2. <i>Colecta e Identificación de Insectos</i>	14
3.2.3. <i>Cuantificación de Riqueza y Abundancia</i>	16
3.3. Comparación de Riqueza y Abundancia con el Tipo de Luminarias	16
4. RESULTADOS	18
4.1. Cuantificar Riqueza y Abundancia de Insectos Nocturnos de Acuerdo al Tipo de Luminaria.	18
4.2. Comparar Riqueza y Abundancia con el Tipo de Luminaria.....	24
5. DISCUSIÓN	28
6. CONCLUSIONES	34
7. RECOMENDACIONES	35
8. REFERENCIAS	36
9. ANEXOS	44
9.1. Anexo 1: Permiso de investigación	44
9.2. Anexo 2: Permiso de movilización	48
9.3. Anexo 3: Esquema de la matriz utilizada para la base de datos.....	49
9.4. Anexo 4: Tabla resumen de los insectos colectados.	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tabla comparativa de características de las lámparas utilizadas actualmente. 10

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Direcciones de emisión en la generación de contaminación lumínica.	5
Figura 2: Supresión de melatonina a diferentes tipos de luz.	5
Figura 3: Mapa de ubicación de los puntos de muestreo en la ciudad de Yantzaza.	13
Figura 4: Trampas de Luz modificadas.....	14
Figura 5: Número de Individuos por orden y familia colectados en los diferentes tipos de luz de la ciudad de Yantzaza.....	19
Figura 6: Riqueza registrada en la ciudad de Yantzaza.	20
Figura 7: Abundancia total de individuos por orden en las tres zonas de muestreo.	21
Figura 8: Número de familias colectadas por mes.....	22
Figura 9: Número de individuos colectados en cada unidad muestral.....	22
Figura 10: Curvas rango abundancia de familias de insectos nocturnos encontradas en tres zonas de la ciudad de Yantzaza. Se indican las familias más abundantes para cada sitio	23
Figura 11: Diagrama de cajas de riqueza y abundancia de insectos nocturnos para cada tipo de luz. LED/zona norte, SBP1/zona centro, SBP2/zona sur.....	25
Figura 12: Relación de Similitud basado en la composición y abundancia de familias de insectos nocturnos obtenidas en las tres zonas de muestreo Centro (SBP1), Sur (SBP2) y Norte (LED)...	26
Figura 13: Ordenamiento no paramétrico multidimensional (NMDS) obtenido con las tres zonas de muestreo. Centro (SBP1),Sur (SBP2) y Norte (LED)	27

“Comparación de riqueza y abundancia de insectos nocturnos en respuesta a la ubicación, potencia y tipo de luz artificial en la ciudad de Yantzaza, Zamora Chinchipe”

RESUMEN

La contaminación lumínica es una problemática creciente, que afecta al medio ambiente, alterando la biodiversidad de sus ecosistemas, por lo tanto, el conocimiento de los efectos de la iluminación exterior en los organismos es crucial para entender y mitigar los impactos. En el presente estudio se evaluó la diversidad de insectos nocturnos de tres zonas de la ciudad de Yantzaza, con el objetivo de determinar si existe relación entre la diversidad de insectos nocturnos con la potencia y tipo de luz artificial que las luminarias atraen, estableciendo cuál de estas variables influye en este fenómeno a través de la comparación de diversidad de familias por tipo de luminarias. En cada zona de muestreo se utilizaron 4 trampas de luz modificadas utilizando como fuente de energía la lámpara del alumbrado público, cada zona con distinto tipo de luz (sodio de baja presión y LED) y potencia (70, 100, 250 W). En el análisis de datos se utilizaron estimadores de riqueza y pruebas estadísticas no paramétricas. Los resultados indican que los insectos son fuertemente atraídos a zonas con mayor influencia de luz artificial. Nuestros resultados proporcionan una pequeña noción del impacto potencial de los LED en invertebrados nocturnos con respecto a las lámparas de sodio de baja presión. Estos resultados pueden estar influenciados por otras variables como la vegetación y condiciones climáticas, así como por la temporada en la que se realizó el muestreo. Teniendo esto en cuenta, se recomienda realizar una prueba de control y considerar otras variables.

Palabras clave: contaminación lumínica, insectos, luz artificial, Yantzaza.

ABSTRACT

Light pollution is a growing problem which affects the environment, altering the biodiversity of its ecosystems, therefore, knowledge of the effects of outdoor lighting on organisms is crucial to understand and mitigate the impacts. The present study evaluated the diversity of nocturnal insects in three zones of the city of Yantzaza, with the objective of determining if there is a relationship between the diversity of nocturnal insects with the power and type of artificial light that the luminaires attract, establishing which of these variables influences this phenomenon through the comparison of the diversity of families by type of luminaires. In each sampling zone, 4 modified light traps were used using the public lighting lamp as a source of energy, each zone with a different type of light (low pressure sodium and LED) and power (70, 100, 250 W). Richness estimators and non-parametric statistical tests were used in the data analysis. The results indicate that insects are strongly attracted to areas with higher artificial light influence. Our results provide a small notion of the potential impact of LEDs on nocturnal invertebrates relative to low-pressure sodium lamps. These results may be influenced by other variables such as vegetation and climatic conditions, as well as the season in which sampling was conducted. With this in mind, it is recommended to perform a control test and consider other variables.

Keywords: light pollution, insects, artificial light, Yantzaza.

1. INTRODUCCIÓN

La contaminación lumínica es uno de los tipos de contaminación asociado a las áreas urbanas y consiste en el alumbrado nocturno excesivo o defectuoso, que afecta no sólo la visión del cielo, sino que también tiene otros efectos perjudiciales en el medio ambiente urbano, como las alteraciones en la biodiversidad de sus ecosistemas (Moreno García & Martín Moreno, 2016). Las fuentes de contaminación lumínica puede ser el alumbrado público o privado, proveniente de anuncios publicitarios, faros de vehículos y reflectores de espectáculos, ventanas, etc. (San Martín et al., 2012).

La característica principal de este tipo de contaminación en general, es la alteración del ciclo día-noche que genera cambios en el comportamiento de los seres vivos. Por ejemplo en el ser humano altera el reloj biológico, que a su vez genera problemas nerviosos, insomnio e incluso desequilibrios hormonales (Madrid Pérez y Rol de Lama, 2008), por otro lado, en la biodiversidad muchos grupos de animales se ven afectados directa o indirectamente, especialmente mamíferos voladores y terrestres, aves, anfibios e insecto nocturnos (Moreno García & Martín Moreno, 2016), tal es el caso de las tortugas donde la luz altera la ruta al mar de las crías neonatas luego de que eclosionan los huevos en las playas (Baño Otálora, 2009; Dorremoechea Herranz, 2002).

Además de los efectos negativos causados en la biodiversidad, la ineficiencia resultante de iluminar lo que no necesitamos se genera inútilmente gases de efecto invernadero que contribuyen al cambio climático (Herranz & Cañavate, 2008), puesto que alrededor del 70% de la energía eléctrica generada en el mundo procede de la quema de combustibles fósiles (San Martín et al., 2012). Las lámparas de calles y carreteras demandan el 19% de la electricidad generada. Si no se desperdiciara la parte atribuible a la contaminación lumínica, ahorraríamos un significativo sobrecalentamiento a nuestro planeta (Negro, 2016). Por lo tanto, la contaminación lumínica es un

problema global (San Martín et al., 2012), que requiere, atención, ya que de acuerdo al atlas mundial de luminancia artificial del cielo, se reporta que más del 80% del mundo y más del 99% de las poblaciones de EE. UU. y Europa viven bajo cielos contaminados por la luz (Falchi et al., 2016).

La luz artificial tiene un efecto masivo en el grupo más numeroso en prácticamente todos los ecosistemas terrestres, como son los insectos de los cuales más del 90% son de costumbres nocturnas, por lo que podría estar alterándose su hábitat así como los procesos de migración y reproducción (Calabuig et al., 2006; Díaz Sierra et al., 2015), además suponen el alimento base para el resto de la cadena trófica y cumplen funciones vitales como la polinización de las plantas (Calabuig et al., 2006).

Los insectos tienen un comportamiento de hiperestímulo que se conoce como “vuelo a la luz” y origina tres efectos: cautividad cuando el insecto queda atrapado por la luz y muere extenuado quemado o depredado; un segundo efecto donde las fuentes de luz pueden actuar como barreras migratorias o de dispersión y un tercer efecto por aspiración cuando los insectos son “extraídos” de sus hábitats naturales (Calabuig, Baixeras y Fernández, 2006; Instituto Leibniz de Ecología, 2013).

La importancia de estudiar este grupo faunístico surge ya que, al existir una disminución de los insectos nocturnos, especialmente en aquellos que realizan la polinización nocturna, se altera uno de los servicios de los ecosistemas críticos (Costanza et al., 1997). Así Pete et al (2018), mencionan que *“Se esperaría que la pérdida generalizada de la biodiversidad reduciría significativamente los servicios de los ecosistemas a nivel mundial, ya que incluso las pequeñas disminuciones en poblaciones de especies pueden impactar negativamente en la provisión de servicios y tal pérdida en la función resulta en una amenaza al bienestar humano”*.

El presente estudio pretende determinar si existe relación entre la riqueza y abundancia de insectos nocturnos con, la luz artificial, puesto que la iluminación municipal e industrial está en la cúspide de un cambio radical de lámparas de vapor de sodio (HPS) "amarillas" a nuevos diodos emisores de luz (LED) "blancos" (Pawson & Bader, 2014), por lo cual es necesario evaluar el impacto que podría tener esta nueva tendencia sobre la biodiversidad.

Se plantea la hipótesis de que la ubicación, potencia y tipo de luz artificial está fuertemente relacionada con la riqueza y abundancia de insectos nocturnos, y que las luces amarillas (sodio de baja presión) tienen menos impacto ecológico que las luces blancas (LED).

Para llevar a cabo el presente estudio se plantearon los siguientes objetivos:

Objetivo general

Evaluar la diversidad de insectos nocturnos de acuerdo a la ubicación, potencia y tipo de luz artificial en la ciudad de Yantzaza.

Objetivos específicos

Cuantificar la riqueza y abundancia de insectos nocturnos de acuerdo al tipo de luminaria.

Comparar la riqueza y abundancia de familias de insectos nocturnos con la potencia y tipo de luz artificial.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Contaminación Lumínica:

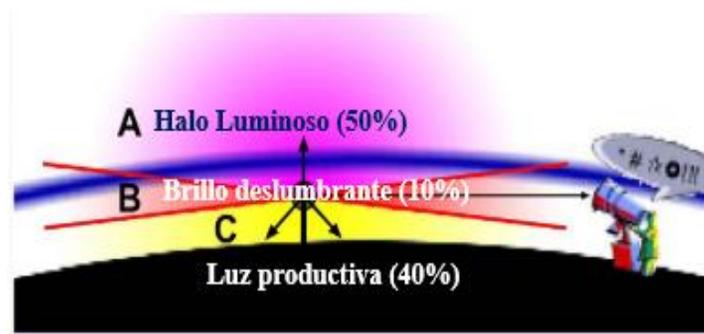
La contaminación lumínica es un fenómeno que se lleva estudiando a principios del siglo XIX, pero ha cobrado mayor relevancia en las últimas décadas (Díaz Sierra et al., 2015). Así Hernández y González (2017), definen a la contaminación lumínica o foto contaminación como el “exceso de luz artificial, mal ubicado o dirigido que influye sobre la salud humana y el medio ambiente y que se considera molesta.” En términos científicos, por contaminación lumínica se entiende la alteración de la oscuridad natural del medio nocturno producida por la emisión de luz artificial (cuyas fuentes son, fundamentalmente, instalaciones de alumbrado nocturno de exteriores) (Herranz & Cañavate, 2008)

2.2. Formas de Contaminación Lumínica

La contaminación lumínica puede manifestarse de diversas formas, por ejemplo, el halo luminoso que consiste en el resplandor brillante que aparece de noche sobre las áreas urbanas, producto de la dispersión de la luz por la presencia de gotas de agua o partículas en el aire (figura 1). La invasión lumínica que ocurre cuando una luz articula no deseada, proveniente de un reflector o un farol callejero, se extiende hasta una propiedad adyacente iluminando un área que de otra manera estaría oscura. Por otra parte, tenemos el brillo deslumbrante, el cual es creado por una luz que brilla horizontalmente y finalmente la iluminación excesiva se refiere al uso de la luz artificial mucho más allá de lo que se requiere para una actividad específica (Chepesiuk, 2010).

Figura 1:

Direcciones de emisión en la generación de contaminación lumínica.



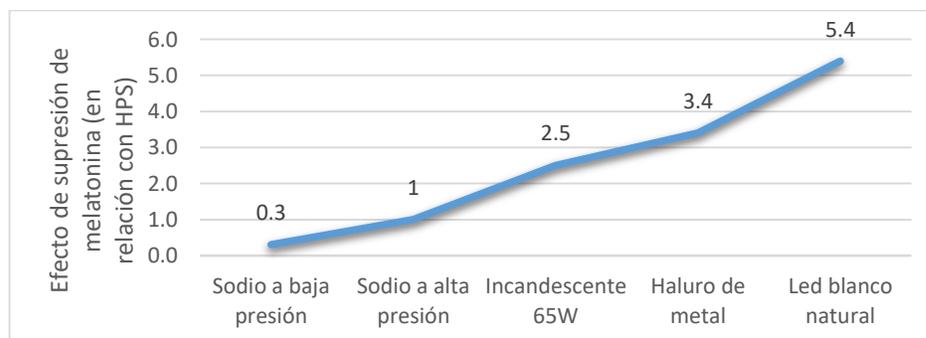
Fuente: Adaptado de Jaúregui y Cielo Buió (2008).

2.3.Efectos de la contaminación lumínica

Entre los efectos de la contaminación lumínica se han documentado que en los seres humanos el principal efecto es la alteración del ritmo circadiano y esto a su vez afecta funciones del sistema fisiológico (Akacem et al., 2016). Entre las funciones fisiológicas que se alteran son la segregación y producción de hormonas como la melatonina que es la hormona que regula el sueño (figura 2) y el cortisol que es generado principalmente por el estrés (Hernández Samaniego & González Pampillón, 2017).

Figura 2:

Supresión de melatonina a diferentes tipos de luz.



Fuente: Adaptado de Bonmatí (2014).

La luz difundida por la atmósfera ilumina el suelo indistintamente en las áreas urbanas, provocando un efecto importante en la luminosidad ambiental percibida por los animales en sus hábitats naturales (originalmente oscuros), dado que el cielo ocupa una fracción apreciable del campo de visión de un animal. Esto tiene efectos muy diversos según las longitudes de onda predominantes y las especies que se atraen (Herranz & Cañavate, 2008).

Dentro de los efectos de la contaminación lumínica a la fauna se pueden citar las consecuencias ecológicas del alumbrado exterior sobre mamíferos voladores (Robertson et al., 2010) y terrestres, aves, anfibios, reptiles, peces y zooplancton (Calabuig et al., 2006). Tal es el caso de las tortugas marinas que se ven confundidas, a tal punto que los adultos cambian los lugares de anidación típicos. Mientras que las tortugas jóvenes se dirigen hacia las luces y no al mar, exponiéndose a depredadores o simplemente a morir (Hernández Samaniego & González Pampillón, 2017). Así mismo, algunas especies de aves se deslumbran y se impactan contra las construcciones, esto magnifica la muerte de millones de aves al año.

2.3.1. . Efectos de la Luz Artificial en los Insectos.

La luz artificial tiene un efecto masivo en los insectos de los cuales más del 90% son de costumbres nocturnas, por lo que podría estar alterándose su hábitat así como los procesos de migración y reproducción (Díaz Sierra et al., 2015). Los insectos se sitúan en la base de la cadena trófica y de ellos dependen numerosas especies de aves, mamíferos, anfibios, etc. Son, metafóricamente, la despensa de la Naturaleza y cualquier afección sobre sus poblaciones se traslada con dramáticos resultados al resto del ecosistema (Calabuig et al., 2006).

La atracción de los insectos hacia la luz se explica por el siguiente fenómeno: la luz regular vibra en todas las direcciones, pero parte de esa luz interactúa con las partículas en la atmósfera y se polariza, lo que hace que vibre a lo largo de un plano único y distinguible; los insectos utilizan

estos patrones de luz polarizada que son invisibles para el ojo humano, pero pueden ser vistos por una gran cantidad de individuos en el reino animal (Krapp, 2007; Urra, 2015). Por ejemplo, la luz polarizada por la luna es utilizada por los escarabajos peloteros para navegar (Roach, 2003).

Así mismo, Brierley (2007), explica que la capacidad de detectar patrones de luz polarizados depende de las especializaciones en el sistema visual de los insectos para lo cual se requieren fotorreceptores. En varias especies de insectos, tales fotorreceptores, que son particularmente sensibles a la luz azul, se han encontrado en la llamada área del borde dorsal de los ojos compuestos. Esta área funcionalmente especializada está ubicada idealmente para analizar patrones de luz polarizada en el cielo (Krapp, 2007).

Los fotorreceptores en los insectos pueden ser de dos tipos: los ocelos y los ojos compuestos. Los ojos compuestos están formados por un gran número de unidades ópticas llamadas omatidios. Cada omatidio contiene células fotorreceptoras, cuya sensibilidad determina la longitud de onda del espectro visible para los insectos, que se expande hacia la región UV, invisible para los humanos. Esto quiere decir, que los insectos son capaces de ver en UV, y este tipo de radiación les resulta especialmente atractiva (Urra, 2015).

Diversos estudios demuestran que la luz artificial incide en el comportamiento de los insectos así, por ejemplo Dolsa y Albarrán (2003), mencionan que en muchas especies los machos se trasladan muchos kilómetros, atraídos por el olor de una hembra, se encuentran a menudo zonas muy iluminadas que le son una barrera, y por lo tanto se interrumpe su acción reproductora. Así mismo, otros estudios confirman la relación entre la contaminación lumínica y la disminución de las poblaciones de insectos, donde se indica que las filas de farolas iluminadas evitan que los insectos voladores se propaguen, causando una falta de intercambio genético dentro de las poblaciones fragmentadas de insectos (Instituto Leibniz de Ecología, 2013).

Se han reportado tres grupos de insectos afectados por la luz artificial: las abejas nocturnas (Andrenidae, Colletidae, Halictidae y Apidae), los escarabajos del estiércol (Scarabaeidae) y las luciérnagas (Lampyridae); los cuales utilizan la luz polarizada de fuentes naturales para navegar, así como para sus procesos de reproducción, proceso que es irrumpido por la contaminación lumínica (International Dark-Sky Association, 2017),

Tella y Vargas (2015), también han demostrado que los efectos de la luz artificial sobre los insectos, se puede manejar en beneficio de la industria, en este caso en la producción de colorantes de origen entomológico, al exponer a un insecto a la luz artificial es favorable para aumentar la concentración de ácido carmínico (colorante rojo) en la grana cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa), un hemíptero criado en cautiverio, y representa beneficios de importancia comercial para las industrias que utilizan este colorante. Sin embargo, son visibles los efectos negativos de la luz en insectos de vida libre.

Los principales estudios sobre contaminación lumínica ecológica se han realizado en Europa, así como en América del Norte; los cuales evidencian que las perturbaciones antropogénicas en forma de contaminación lumínica tienen efectos adversos en los insectos, tales como el vuelo en círculos sobre la luz que conlleva al agotamiento y que puede influir en las tasas demográficas y en consecuencia directa sobre su abundancia. Un caso específico es el de la especie de luciérnagas crepusculares en las cuales se reduce las actividades de flash y por ende el éxito de apareamiento oscuro activo, que también pone en riesgo la diversidad genética de este grupo de insectos (Firebaugh & Haynes, 2016; Perkin et al., 2014).

2.4. Tipos de Luminarias

La difusión de la luz en la atmósfera por las moléculas gaseosas (difusión de Rayleigh), es mayor cuanto más corta es la longitud de onda de la luz. Así, las lámparas que emiten más proporción de luz azul (vapor de mercurio) producen un mayor resplandor luminoso nocturno que aquellas con emisiones superiores en la banda del rojo (vapor de sodio) de longitudes de onda más largas. La difusión por partículas en suspensión, es tanto mayor cuanto menor sea el tamaño de las partículas y mayor sea la concentración de las mismas en la atmósfera (Moreno García & Martín Moreno, 2016).

Aunque la emisión luminosa procedente de las luminarias pueda parecer ínfima con respecto a la devuelta por las superficies iluminadas, en realidad constituye la parte fundamental del flujo contaminante a distancias crecientes de la fuente. Debido a que la contaminación lumínica, en ausencia de obstáculos, se propaga libremente por la atmósfera hasta más de 200 km de distancia (en realidad, hasta que la propia curvatura terrestre la oculta), en la mayor parte del territorio el brillo artificial del cielo está producido por la suma de los efectos de fuentes situadas a grandes distancias (Herranz & Cañavate, 2008).

La distribución del flujo luminoso generado por la lámpara de una luminaria depende: 1) del sistema catadióptrico de la luminaria que, por su configuración o disposición, provoca una emisión de luz hacia direcciones no deseadas; 2) de la atmósfera en la que está inmersa dicha luminaria y su entorno que produce el fenómeno de difusión de la luz; y 3) del pavimento y superficies reflectantes situadas en el entorno de la luminaria que al ser alumbradas originan múltiples reflexiones de la luz de forma no controlada (Moreno García & Martín Moreno, 2016).

Las lámparas que normalmente se usan en el alumbrado público de exteriores son las de descarga y se pueden clasificar según el gas utilizado (vapor de mercurio o sodio) o la presión a la que éste se encuentre (alta o baja presión), y los diodos emisores de luz (LED).

La luz blanco azulada que emiten los LED que se comercializan actualmente es la más nociva para el medio nocturno y para la salud humana, pues es también la que más altera la conducta de las especies de vida nocturna y, por tanto, la que más afecta a la conservación de la biodiversidad en sus condiciones naturales (Herranz et al., 2011).

Tabla 1:

Tabla comparativa de características de las lámparas utilizadas actualmente.

Tabla comparativa de características de las fuentes de luz actualmente más usadas en iluminación			
Tipo de lámpara	Eficacia (lm/W)	Tiempo de vida (h)	IRC
» Halógena	20	1.200	100
» Halogenuros metálicos	70 - 108	15.000	90
» Fluorescentes	60 - 100	8.000	80
» Sodio baja presión	120 - 200	16.000	25
» Sodio alta presión	95 - 130	28.000	45
» LED	90 - 120	>50.000	>75

*eficacia (lúmenes /Watt); tiempo de vida (horas); índice de reproducción cromática (IRC).

Fuente: Recuperado de Herranz et al., 2011.

Las lámparas menos contaminantes son las que emiten con mayor longitud de onda y dentro del espectro visible, por tanto, son las lámparas de vapor de sodio, donde su principal desventaja frente a los LED, como se puede observar en la Tabla 1 es el tiempo de vida útil y su eficacia.

2.5. Como Reducir los Impactos de la Contaminación Lumínica en los Insectos.

Eisenbeis y Hänel (2009), mencionan los siguientes métodos para reducir los impactos nocivos de la iluminación nocturna en los insectos.

1. Use la luz sólo cuando sea necesario y use sólo una luz lo más tenue posible.

2. La iluminación directa del cielo sólo debe permitirse si es absolutamente necesaria, los reflectores con fines comerciales deben ser prohibidos.
3. Sólo las luminarias de corte completo ayudan a reducir las cúpulas de luz sobre las ciudades. La luz emitida en los planos horizontales contribuye aún más a estas cúpulas de luz que la luz directa hacia arriba. Incluso las luminarias instaladas con pequeñas inclinaciones para iluminar el lado opuesto de la carretera deben evitarse y cuando sea posible deben instalarse horizontalmente.
4. Las lámparas de sodio de baja presión atraen menos insectos. Por lo tanto, estas lámparas deben ser utilizadas cuando la visión del color no es importante y en las calles cerca de paisajes rurales.
5. En otros lugares deben utilizarse lámparas de sodio de alta presión, mientras que no deben utilizarse lámparas de mercurio de presión.
6. La iluminación de la carretera debe ser atenuada o incluso apagada, cuando el uso de la carretera es insignificante (por ejemplo, 11pm. - 5 am.).

3. METODOLOGÍA

La presente investigación corresponde a un diseño transeccional correlacional de tipo descriptivo, donde se comparó la riqueza y abundancia de insectos nocturnos atraídos a dos tipos de luz con tres potencias diferentes.

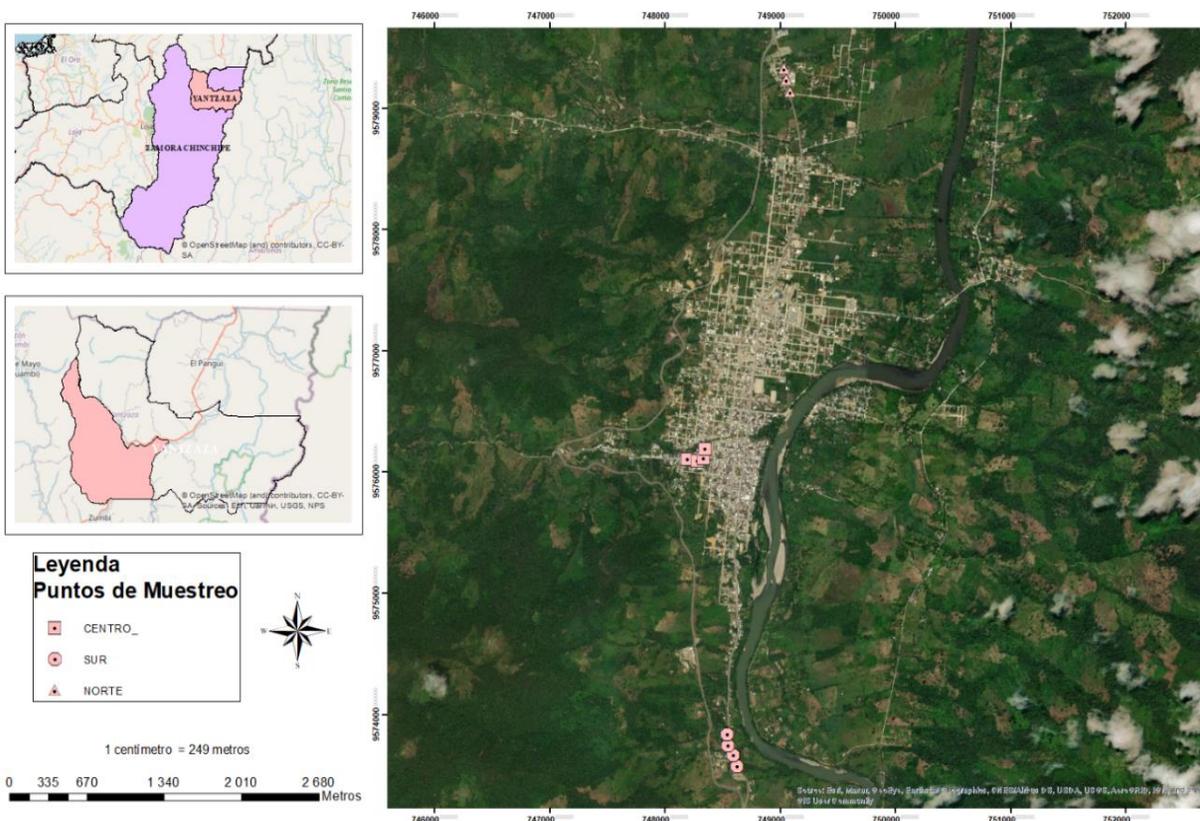
Los puntos de muestreo se designaron considerando el tipo de luz, potencia de las bombillas y altura de los postes, así como el sentido unilateral del alumbrado público. Dicha información se obtuvo mediante el levantamiento de información en la Empresa Eléctrica de la ciudad de Yantzaza (EERSSA). En base a esta información se estableció tres zonas de muestreo de la siguiente manera: zona centro (SBP1) con tipo de luz sodio de baja presión, potencia de 100 W, altura de poste 11 m; zona sur (SBP2) con tipo de luz sodio de baja presión, potencia de 70 W y altura de 12 m; finalmente la zona norte (LED) correspondiente al tipo de luz LED, potencia de 220 W y 12 m de altura de los postes. Dentro de cada zona se eligieron cuatro postes al azar separados a una distancia entre 80 y 100 metros cada uno buscando independencia de las muestras.

3.1. Área de Estudio.

El presente estudio se realizó al sur del Ecuador en la ciudad de Yantzaza, ubicada en la provincia de Zamora Chinchipe (figura 3). Está situada en las coordenadas N 9574123.3 y E 749871.5, a una altitud promedio de 811 m.s.n.m. El tipo de ecosistema corresponde a bosque húmedo tropical amazónico. La temperatura promedio anual es de 22,7 °C y precipitación promedio de 1.959 mm por año (GAD Yantzaza, 2019).

Figura 3:

Mapa de ubicación de los puntos de muestreo en la ciudad de Yantzaza.



3.2. Cuantificar Riqueza y Abundancia de Insectos Nocturnos de Acuerdo al Tipo de Luminaria.

3.2.1. Diseño y Colocación de Trampas

Se capturaron los insectos en las tres zonas de muestreo, utilizando trampas de luz modificadas de Borrór, Triplehorn y Johnson (1989), que consistían en dos sábanas blancas: la primera de 2 x 2,40 m, orientada verticalmente y la segunda de 1,50 x 2,40 m ubicada de forma perpendicular a la anterior (figura 4). Estas trampas se ubicaron por debajo de las lámparas de los postes del alumbrado público, desde el nivel del suelo a 2 metros de altura.

El periodo de muestreo comprendió los meses de septiembre y octubre; se colectó durante seis días por cada mes, se destinaron dos noches por cada zona. Las colectas se realizaron en fase de luna tierna cuando la luna presentó el 17 % (F. Gaona com. pers, 2019).

Figura 4:

Trampas de Luz modificadas



Fuente: Adaptado de Photplotnikov (2018)

3.2.2. Colecta e Identificación de Insectos

Las colectas se realizaron bajo el permiso de investigación Nro. 030-2019-IC-FLO-FAU-DPAZCH-UPN-VS/MA (Anexo 1) y se trasladaron al Museo de Zoología de la Universidad Nacional de Loja (LOUNAZ) con la orden de movilización UPN-VS-GM-084-2019 (Anexo 2).

La colecta se realizó de 6:30 pm a 11:30 pm, durante este horario se colectaron todos los individuos que se encontraban en la trampa, registrando condiciones climáticas (ausencia o presencia de lluvia), temperatura y humedad en intervalos de 30 minutos, así como la fecha de muestreo.

La recolección de insectos se llevó a cabo utilizando fundas ziploc con alcohol etílico al 70% donde se almacenaba los insectos pequeños que se posaban en la tela. Para los especímenes de los órdenes coleóptera, lepidóptera y homóptera se utilizaron frascos de vidrio de boca ancha con papel empapado en acetato de etilo. Posteriormente los insectos fueron almacenados en distintos recipientes de acuerdo al tipo de insecto: para el orden lepidóptero se utilizaron sobres de papel encerado envueltos con papel toalla y finalmente en una funda ziploc; en el caso del orden coleóptera y homóptera fueron almacenados en fundas ziploc con alcohol etílico al 70 %, cada recipiente y bolsa con sus respectivos datos de colecta (localidad, punto de muestreo, fecha, colector).

Los insectos fueron llevados al laboratorio del Museo de Zoología de la Universidad Nacional de Loja (LOUNAZ), donde se realizó el montaje de la siguiente manera: en el caso de los insectos con tamaño mayor a 1 cm se montaron directamente atravesándolos con alfileres entomológicos insertándolos en puntos específicos del cuerpo; en el caso de los insectos pequeños se pegan en pequeños triángulos de cartulina que estén previamente montados en alfileres; finalmente las mariposas fueron montadas utilizando extensores (Medina Gaud, 1977). Luego, cada individuo fue etiquetado con datos de colecta, número de ingreso LOUNAZ y un número de identificación único.

Los insectos fueron identificados hasta el nivel de familia, utilizando las claves de identificación de Borror, Triplehorn y Johnson (1989) y Choate (2003). Luego fueron clasificados y se realizó un conteo de individuos para determinar la abundancia de cada familia. Toda la información fue ingresada en una base de datos para su posterior análisis (Anexo 3).

3.2.3. Cuantificación de Riqueza y Abundancia.

Se realizó un análisis descriptivo de la riqueza y abundancia de insectos recolectados en las trampas de luz. Para las distintas potencias y tipos de luz se analizó midiendo: 1) la representatividad del muestreo, con base en la información obtenida mediante la identificación y cuantificación de los individuos; 2) se generó la curva de acumulación de especies, utilizando como unidad de muestreo el número de postes en los tres sitios de muestreo por cada día; y 3) se utilizó el estimador de riqueza Chao 2 y Ace. Estos análisis se realizaron en el software R versión 3.5.2 (R Core Team, 2017), mediante el paquete vegan v2.4-6 (Oksanen et al., 2018).

3.3.Comparación de Riqueza y Abundancia con el Tipo de Luminarias

Se compararon la riqueza y abundancia que atrajo cada sitio de muestreo utilizando bloxplots para cada uno. Para conocer la variación en la composición de familias entre los sitios de muestreo, se utilizó un escalamiento multidimensional no métrico, con el que se graficó la disimilitud en la composición de familias entre los puntos de muestreo, usando como medida de distancia el índice de Bray-Curtis, que considera la abundancia de cada familia.

Análisis estadístico.

Para el análisis de datos, se eliminaron 92 registros del total, los cuales correspondían al orden lepidóptero cuyos ejemplares no pudieron ser identificados hasta el nivel de familia (Anexo 4). Por lo tanto, el análisis de datos se realizó con 1752 individuos debidamente identificados a nivel de familia.

Para observar la composición de las poblaciones de insectos, se calcularon y graficaron curvas de rango abundancia global y por zona de muestreo. Con el objetivo de conocer la distribución de los insectos en las tres zonas, se realizó el análisis de ordenación NMDS (escalamiento no métrico multidimensional). Adicionalmente se ejecutó el análisis de

conglomerados que sirvió para generar grupos de puntos de muestreo a partir de las relaciones de similitud existentes entre las comunidades (clúster). Para probar que los datos tienen medias significativamente diferentes se realizó la prueba de análisis de similitud ANOSIM, el cual denota disimilitud entre grupos si su valor se aproxima o sobrepasa a 1. Los análisis se realizaron utilizando como medida el índice de Bray-Curtis que es un coeficiente de distancia que mide las diferencias en abundancia de los taxones que componen las muestras e ignora los casos en los cuales el taxón está ausente en ambas muestras (Giraldo Mendoza, 2015). Los análisis se realizaron con el software R versión 3.5.2 (R Core Team, 2017), mediante el paquete vegan v2.4-6 (Oksanen et al., 2018) y BiodiversityR v2.9-1 (Kindt y Coe, 2005).

4. RESULTADOS

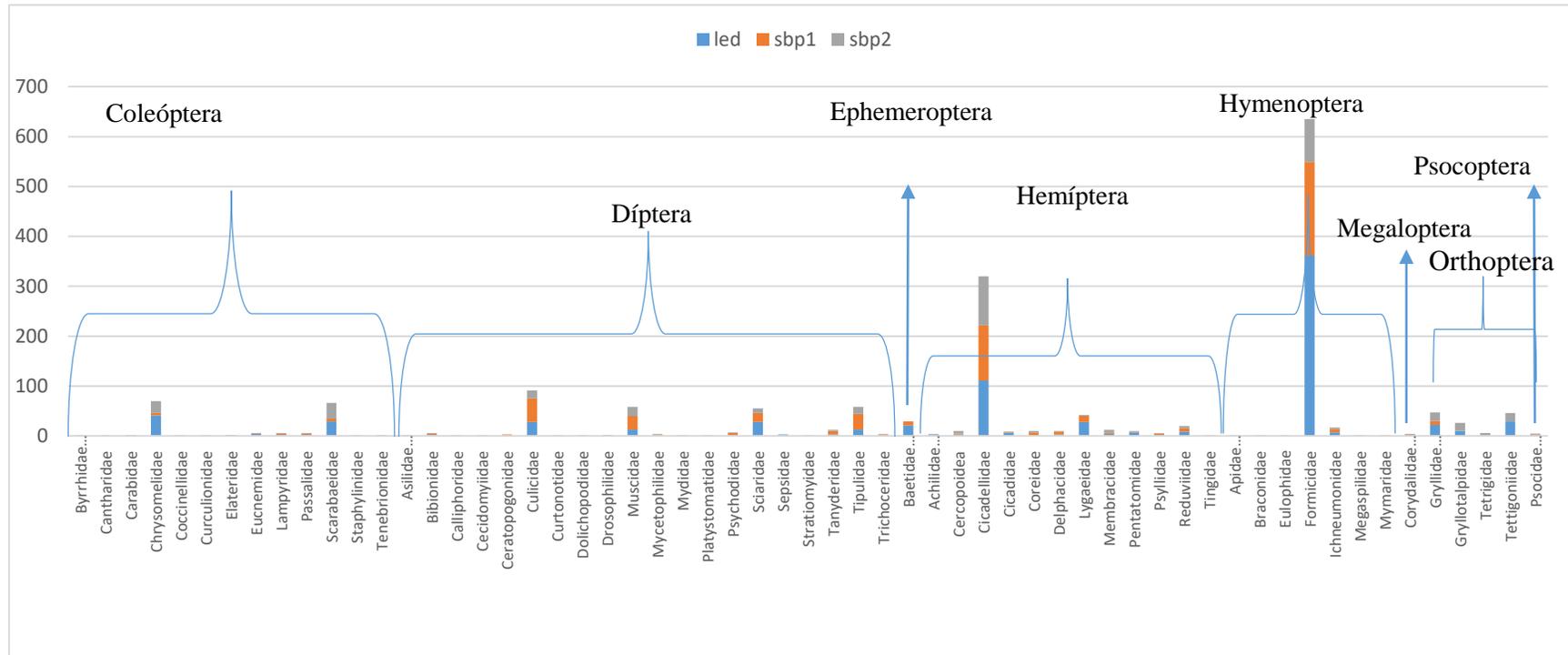
4.1. Cuantificar Riqueza y Abundancia de Insectos Nocturnos de Acuerdo al Tipo de Luminaria.

Riqueza y Abundancia

Se registraron ocho órdenes diferentes, que comprenden 59 familias, de los cuales Formicidae (Hymenoptera), y Cicadellidae (Hemiptera) fueron las que presentaron mayor abundancia, mientras que los coleópteros de las familias Cantharidae, Coccinellidae, Curculionidae, y Staphylinidae; los dípteros Calliphoridae, Cecidomyidae, Curtonotidae, Dolichopodidae, Mydidae, Platystomatidae y Stratiomyidae; seguido de la familia Tingidae (Hemiptera) y los Himenópteros Apidae, Braconidae, Eulophidae, Megaspilidae, y Mymaridae, presentaron un solo individuo por familia (figura 5).

Figura 5:

Número de Individuos por orden y familia colectados en los diferentes tipos de luz de la ciudad de Yantzaza



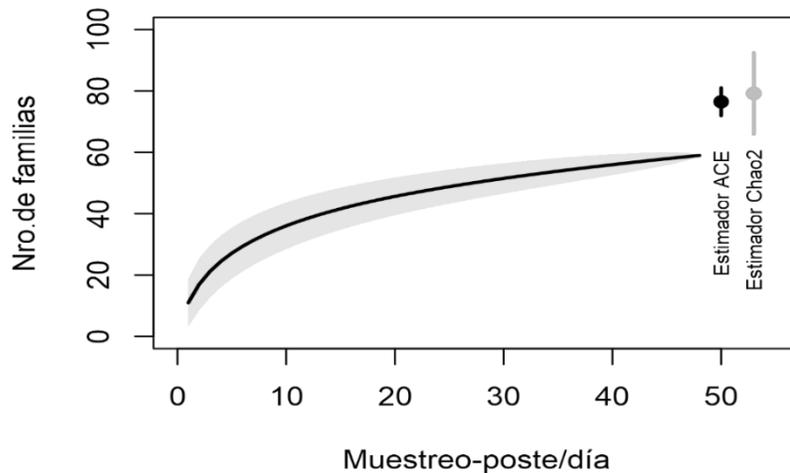
* LED/ Diodos emisores de luz (Norte); SBP1/Sodio de Baja presión (Centro); SBP2/Sodio de baja presión (Sur)

Riqueza Observada (S)

Con un esfuerzo total invertido de 48 trampas/día (número de trampas/días de muestreo), se alcanzó un 77% de las especies esperadas que indica el índice ACE. En la figura 6 se presenta la curva de acumulación, donde se observa que no se alcanzó la asíntota, sin embargo, se puede apreciar que a partir de la colecta 40 se empieza a suavizar la curva. La riqueza observada fue de 59 familias, mientras que el estimador de riqueza Chao 2 indicó 78 familias.

Figura 6:

Riqueza registrada en la ciudad de Yantzaza.



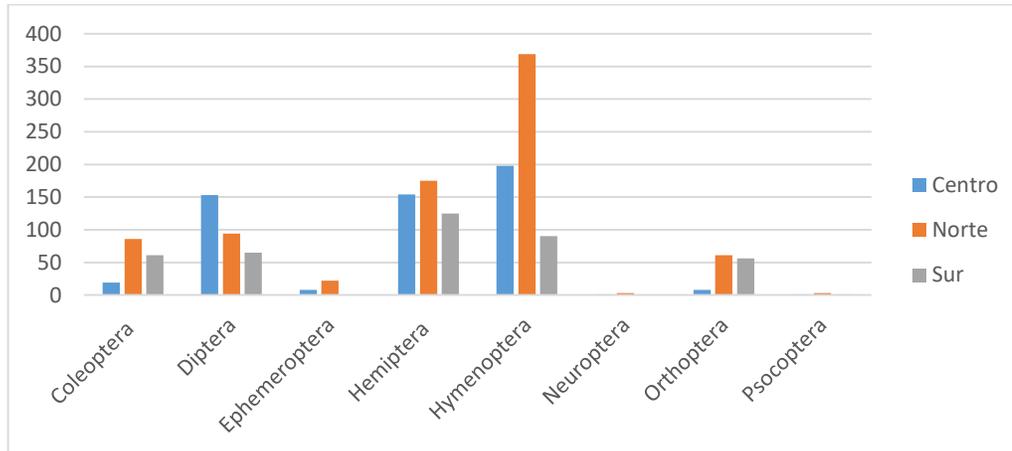
Abundancia

En la figura 7 podemos observar que en el sector norte con tipo de luz LED (diodos emisores de luz) se registró la mayor abundancia sobrepasando los 800 individuos colectados, mientras que el sector centro sbp1 (sodio de baja presión 1) se registraron 543 individuos, finalmente en el sector sur correspondiente a sbp2 (sodio de baja presión 2) existe la menor abundancia ya que no sobrepasó los 400 individuos. En las tres zonas se registraron individuos de los órdenes, Hymenoptera, Hemiptera, Diptera, Coleoptera y Orthoptera. La zona norte fue

la única en presentar los ocho órdenes registrados en el estudio, mientras que la zona centro presentó siete.

Figura 7:

Abundancia total de individuos por orden en las tres zonas de muestreo.

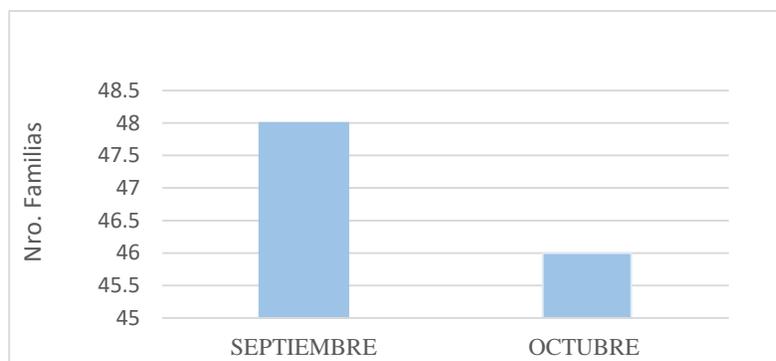


Abundancia de Insectos en Cada Zona de Muestreo

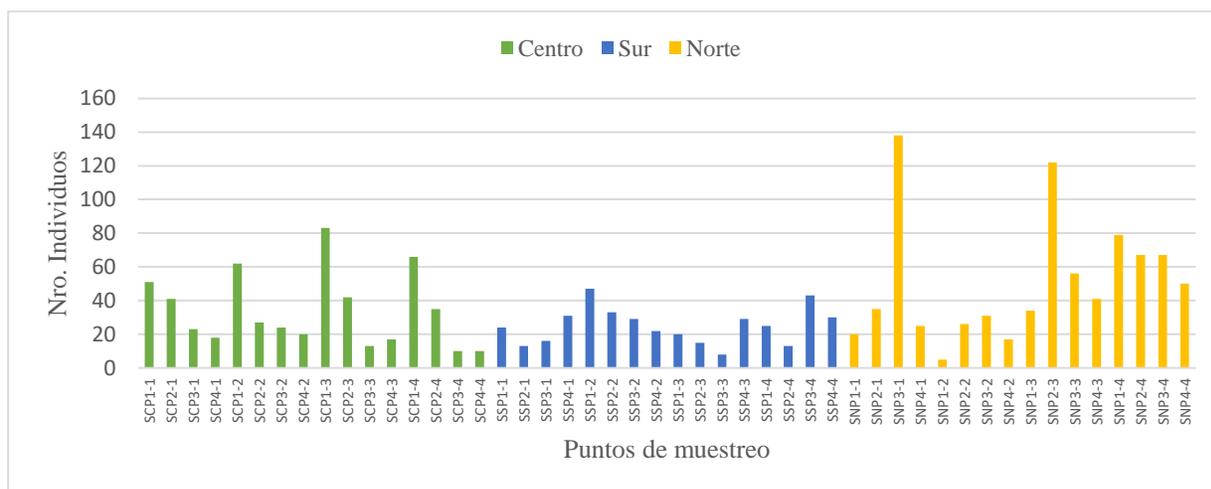
Los resultados muestran que octubre fue el mes en el que se colectaron el mayor número de individuos por lo contrario, en septiembre se capturó la mayor riqueza con 48 familias (figura 8), lo cual se debe a que en octubre existió mayor presencia de precipitaciones que a su vez coincide con la emergencia de insectos adultos (Paucar Cabrera, 2005; Pinheiro et al., 2002). En la figura 9, se presenta la abundancia de insectos para cada sitio de muestreo donde se indica el número de individuos colectados en cada unidad muestral. La unidad en la que se registró la mayor abundancia fue SNP3 con 292 individuos, seguido de SNP2 con 250 registros correspondientes al sector norte cuyo tipo de luz fue diodos emisores de luz (LED).

Figura 8:

Número de familias colectadas por mes.

**Figura 9:**

Número de individuos colectados en cada unidad muestral.



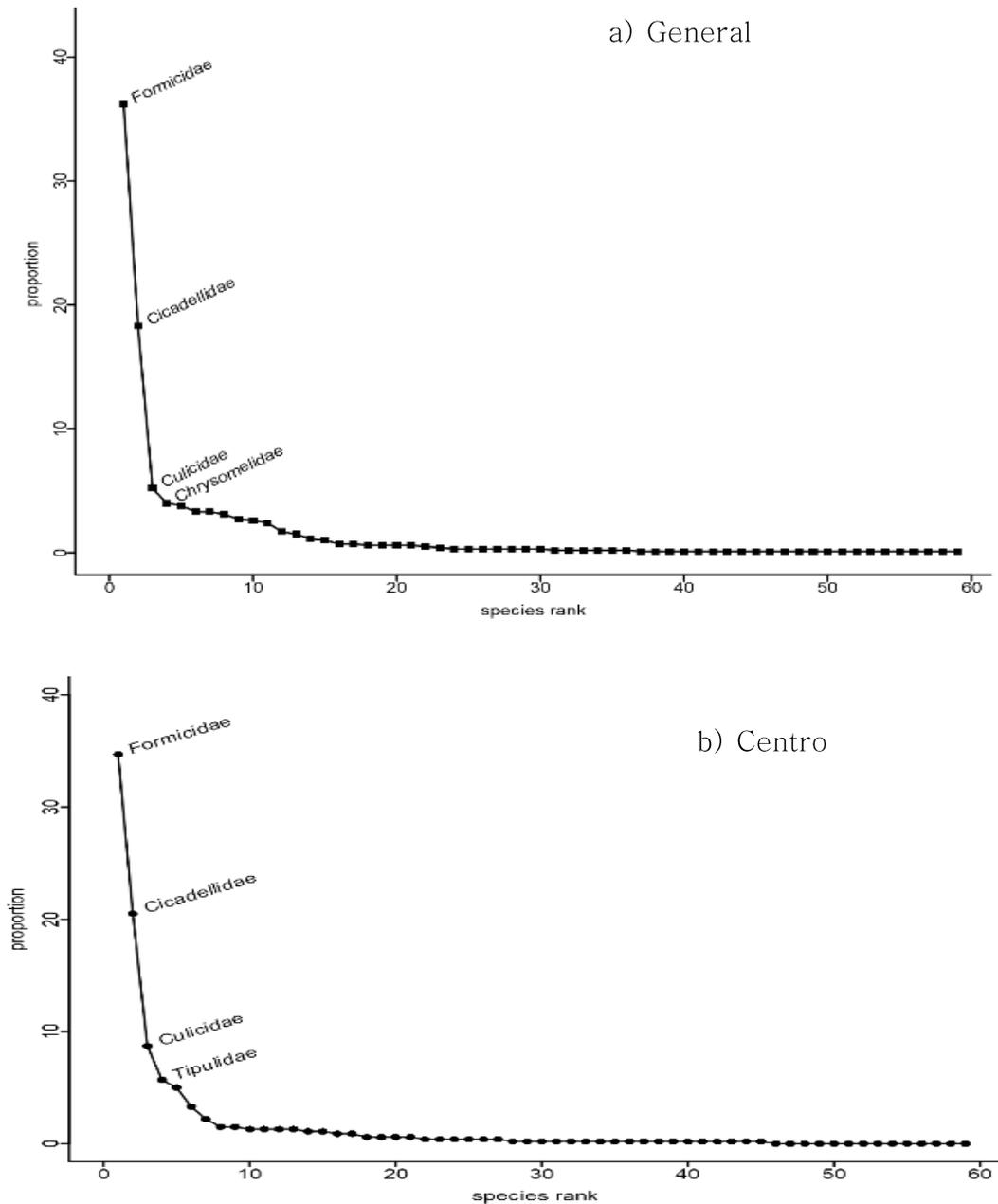
*S =Sector, Centro, Sur; Norte; P1= Numero de poste (4 por sector); -1= número de colecta (4 colectas por sector).

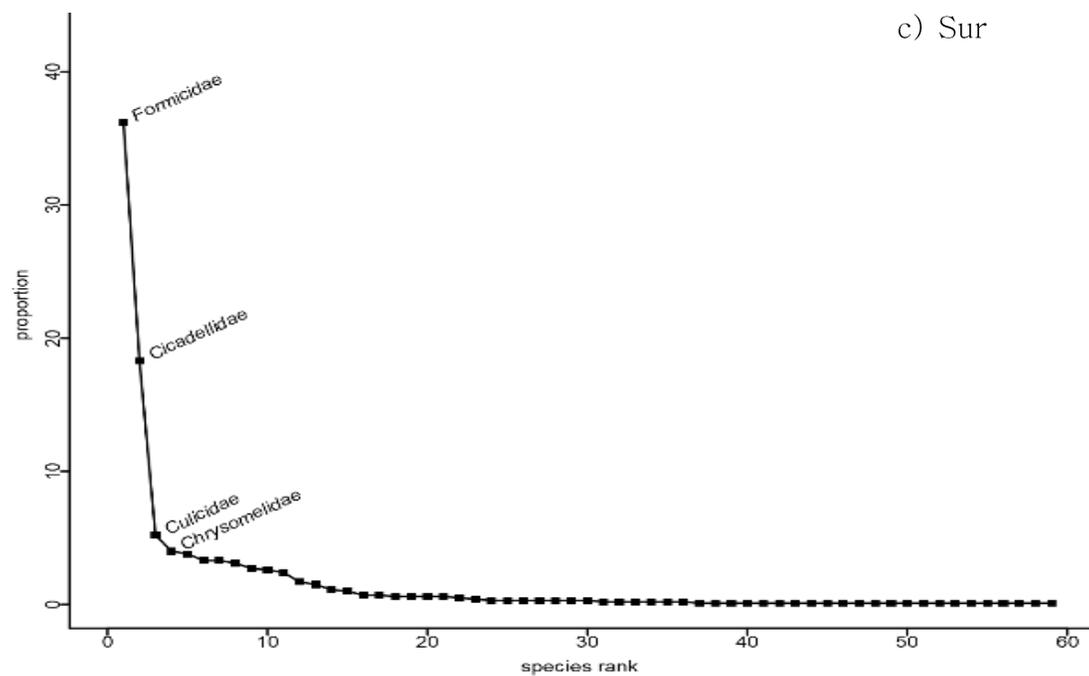
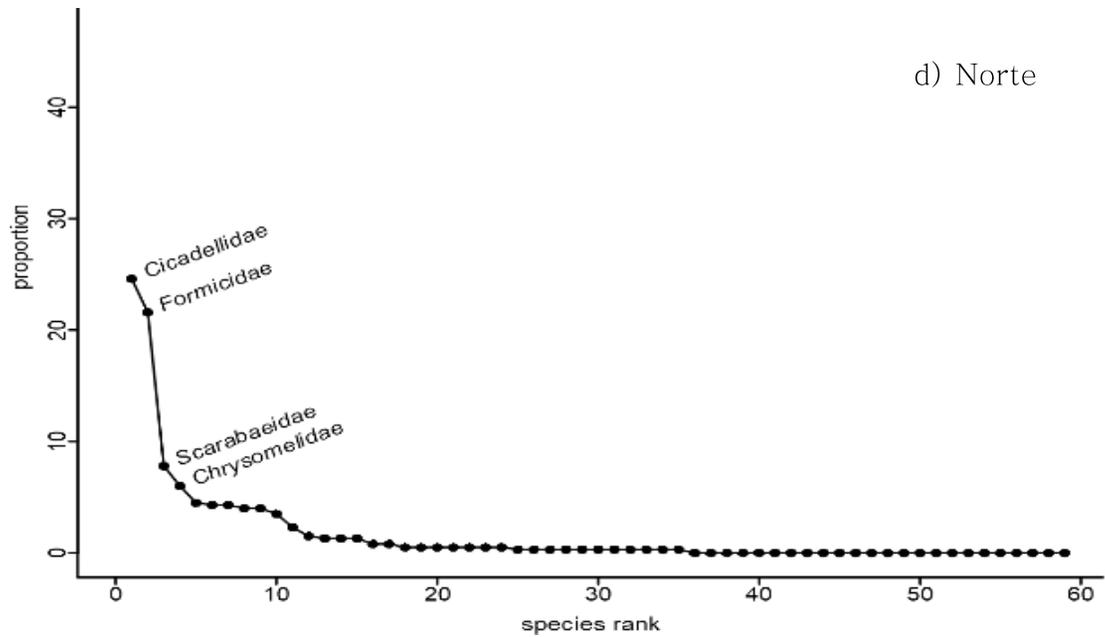
La relación de las curvas de rango-abundancia (figura 10) presentaron pequeñas variaciones entre los tres puntos de muestreo (centro, sur y norte). Para la zona norte hubo dominancia de algunas familias como: Formicidae con 361 individuos, seguido de Cicadellidae con 111 y Chrysomelidae con 41 individuos, lo que generó gráficamente una dominancia grupal sobre otras mientras que en la curva de la zona sur no hubo una dominancia marcada, por lo tanto, es la zona más equitativa. En la zona de muestreo centro las especies más abundantes,

aparte de las pertenecientes a Formicidae y Cicadellidae, son los dípteros de las familias de Tipulidae y Culicidae.

Figura 10:

Curvas rango abundancia de familias de insectos nocturnos encontradas en tres zonas de la ciudad de Yantzaza. Se indican las familias más abundantes para cada sitio





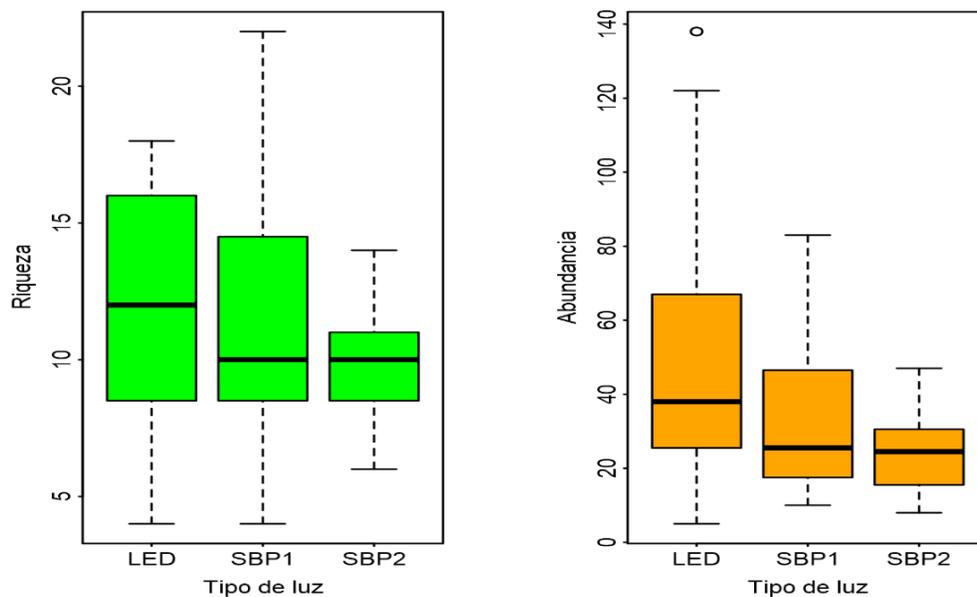
4.2. Comparar Riqueza y Abundancia con el Tipo de Luminaria.

La figura 9 representa el diagrama Boxplot de la riqueza y abundancia de familias en función a los tres tipos de luz, en cuanto a riqueza se observa que existe una variabilidad muy grande en los datos de familias correspondiente al tipo de luz sodio de baja presión (SBP1) que

corresponde a la zona centro. Por otro lado, los resultados de la abundancia de los individuos que han sido capturados durante el muestreo, muestran que la abundancia en la zona norte que corresponde al tipo diodos emisores de luz (LED) es superior al resto, con diferencias significativas especialmente con el punto sur.

Figura 11:

Diagrama de cajas de riqueza y abundancia de insectos nocturnos para cada tipo de luz. LED/zona norte, SBP1/zona centro, SBP2/zona sur.

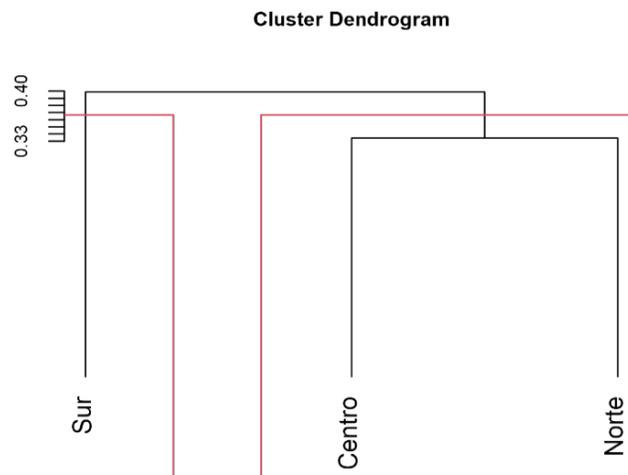


Según el análisis de clúster que se muestra en la figura 12, la zona norte y centro son similares, a pesar de tener diferentes ecosistemas por lo que podría determinarse que hay una influencia de la luz artificial puesto que las potencias utilizadas en las bombillas de estos sectores (100 y 220 W) son de mayor intensidad que las del sur (70 W), de tal manera que ambos lugares están mayormente influenciados por fuentes de luz artificial. La zona sur y la zona centro han sido las localidades más disímiles, lo cual se explicaría porque tienen diferentes ecosistemas: el primero es una zona rodeada vegetación arbórea y diversa, y el segundo es un

ecosistema urbano, con vegetación ornamental y rodeada de construcciones, y aunque compartan el mismo tipo de luz difieren en la potencia de sus bombillas, así como en la densidad de construcciones siendo el centro el sitio mayor poblado. El ecosistema de la zona sur es similar al de la zona norte, pero se diferencian en que la zona sur tiene menor influencia por la luz ya que los postes se encuentran a mayor distancia y la intensidad de las bombillas es menor, lo que da como resultado un ambiente más oscuro.

Figura 12:

Relación de Similitud basado en la composición y abundancia de familias de insectos nocturnos obtenidas en las tres zonas de muestreo Centro (SBP1), Sur (SBP2) y Norte (LED).

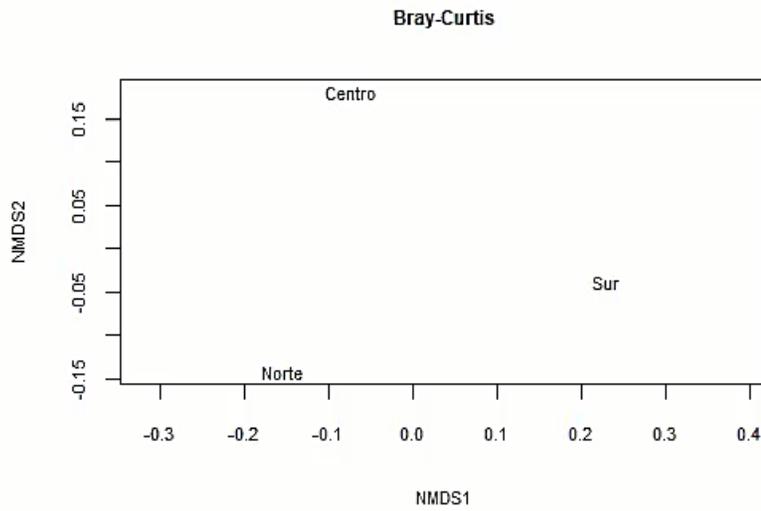


El ordenamiento NMDS (figura 13) presentó una tendencia general de agrupamiento donde las zonas con el mismo tipo de luz (sodio de baja presión) se encuentran más distanciadas entre sí, indicando que la composición de las comunidades varía cuando hay más presencia de luz que en ausencia de ella. Estas diferencias marcadas se contrastan con el resultado del ANOSIM ($R=0.0971$; $p=0.006$, con 999 permutaciones) que indicó que las comunidades son significativamente diferentes en su composición.

Figura 13:

Ordenamiento no paramétrico multidimensional (NMDS) obtenido con las tres zonas de muestreo.

Centro (SBP1), Sur (SBP2) y Norte (LED).



5. DISCUSIÓN

En Yantzaza se registraron 59 familias, de las cuales Formicidae (Hymenoptera) y Cicadellidae (Hemiptera) fueron las más abundantes, seguidas de los coleópteros Scarabeidae y Chrysomelidae, para el caso de la zona centro, mientras que en la zona sur destacaron las familias Cicadellidae, Formicidae, Tipulidae y Culicidae (Diptera). Coincidiendo con Eisenbeis y Hänel (2009), quien realizó un estudio similar capturando doce órdenes donde: la zona residencial fue dominada por los órdenes Coleoptera, Lepidoptera, Diptera e Hymenoptera y para una zona de carretera a campo abierto (características de las zonas sur), estaba dominada de moscas (Díptera).

La familia Formicidae fue la más abundante, los resultados pudieron estar sujetos a la temporalidad ya que las colectas se realizaron en los meses de septiembre y octubre, meses en los que termina el verano e inicia el invierno en la ciudad de Yantzaza (GAD Yantzaza, 2019). Es decir, épocas donde se dan las condiciones idóneas para los vuelos nupciales, (López Riquelme & Ramón, 2010). La luz artificial puede estar interrumpiendo este fenómeno que forma parte del ciclo de reproducción pues existe una masiva muerte de hormigas a causa de la atracción por la luz artificial y aunque no represente un acontecimiento considerable debido a la organización que tienen estos insectos para sobrevivir (López Riquelme & Ramón, 2010) y los vuelos nupciales representa nada más que uno de los fenómenos, de los que en conjunto aseguran la existencia de la especie (Kusnezov, 1962). No se puede dejar de lado estos resultados, puesto que las hormigas proveen de varios servicios ecosistémicos, controlando el crecimiento poblacional de otros artrópodos, removiendo y aireando grandes cantidades de suelo en bosques y praderas y haciendo circular nutrientes esenciales para otras formas de vida (López Riquelme & Ramón, 2010). Por otro lado, el extraer hormigas hacia la urbe puede traer

consecuencias negativas para el ser humano pues diversos estudios han encontrado en estas, agentes bacterianos -como *Pseudomonas* y *Streptococcus* que generan infecciones en el ser humano, además de otros microorganismos como hongos del aire y levaduras (Escárraga et al., 2014).

Los hemípteros representan al segundo orden más abundante, así como uno de los que muestra mayor riqueza registrando 12 familias, donde destacan los Cicadellidae ya que fueron los más abundantes después de las hormigas. Dentro de estas familias hay especies consideradas plagas para cultivos y jardines, y algunas son consideradas perjudiciales para el ser humano (Krinsky, 2019; Pombo & Bourgoïn, 2012). La presencia de estas familias se explica debido a que la mayoría de sus especies son fitófagos, succionadores de savia (Krinsky, 2019; Pombo & Bourgoïn, 2012), y en las tres zonas de muestreo hay presencia de vegetación arbustiva ornamental y arbórea más densa para las zonas ubicadas en los extremos, siendo una variable muy importante para la acumulación de estos insectos.

Los dípteros es uno de los grupos de artrópodos más ampliamente distribuidos y diversos (Rojas Sandino et al., 2018), es así, que en el presente estudio fueron el orden con mayor riqueza registrando 20 familias. Además, de acuerdo a Tolrá Hjorth (2015), muchas familias de dípteros como Muscidae y Calliphoridae se han adaptado a vivir en zonas urbanas. En el presente estudio, destacaron las familias Culicidae y Tipulidae, que en las curvas de rango abundancia se presentaron como dos de las cuatro familias dominantes para la zona centro; considérese que Tipulidae es fuertemente atraída por la luz (Gerhardt & Hribar, 2019). Por el contrario Stratiomyidae, presentó un solo individuo, esta poca ocurrencia se justifica ya que ellos se desarrollan en un amplio espectro de materiales en descomposición (Gerhardt & Hribar, 2019), la zona de estudio se considera urbana y no presenta condiciones para su desarrollo, así como la mayoría de sus especies son de costumbres diurnas.

Para el orden coleóptero se obtuvo como familias más abundantes a Chrysomelidae y Scarabeidae las cuales fueron registradas en las tres zonas de muestreo, pero con mayor abundancia en la zona norte y sur. Debido a que la micro distribución espacial de estos escarabajos está mayormente influenciada por la cobertura vegetal (García Ramírez & Pardo Locarno, 2016), por ejemplo los crisomélidos son fitófagos, por lo que cumplen funciones en la naturaleza relacionadas con algunos procesos biológicos y ecológicos como la regulación de malezas (Burgos Solorio & Anaya Rosales, 2004). Estas especies son muy comunes en trampas con atracción luminosa, a diferencia de Lampyridae que no son muy comunes en estas trampas (Pérez Hernández et al., 2017), pero en este estudio se capturaron 6 individuos.

Para el orden Orthoptera se recolectaron en mayor abundancia individuos de las familias Gryllidae y Tettigonidae, los cuales son los más comunes de atrapar, lo que coincide con lo reportado por Pérez Legas(2015), quienes también capturaron a individuos de Gryllidae y Tettigoniadae en mayor número y a su vez en menor proporción la familia Gryllotalpidae; mientras que no obtuvieron registros de Tetrigidae que sí fueron observados en el presente estudio.

Los órdenes Ephemeroptera, Megaloptera y Psocoptera presentaron la riqueza y abundancia más baja en el estudio con una sola familia para cada orden, acumulando una abundancia total de 39 individuos en conjunto. Esta baja abundancia se asocia a que tanto Corydalidae (Megaloptera) como Baetidae (Ephemeroptera) habitan cerca de aguas limpias y son sensibles a los procesos de degradación e impacto antropogénico, (Cleide Costa & Simonka, 2015; Forero Céspedes et al., 2016). Se registraron 17 familias con un solo individuo por familia consideradas raras en el presente estudio, esto podría explicarse debido a que hay familias con individuos con hábitos no gregarios como el caso de algunos himenopteros que no todas sus especies son insectos sociales, o porque son generalmente familias de costumbres diurnas como

los coleópteros Cantharidae, Coccinellidae (podría tener sus excepciones) (Zaragoza Caballero & Pérez Hernández, 2014; Zúñiga Reinoso, 2011). Entre los coleópteros considerados raros para el estudio también se encuentra Staphylinidae, que a pesar de estar presentes en microhábitats húmedos y ser de hábitos nocturnos (Piña Lozada, 2010), registró un solo individuo, sin embargo cabe recalcar que comúnmente para capturarlos se utiliza otros métodos de muestreo como trampas de caída y trampas de embudo porque se conoce que tienen hábitos caminadores pese a que sí pueden volar (Webster et al., 2012). Además de esta familia en el estudio se capturaron insectos descomponedores como Scarabaeidae, Calliphoridae, Muscidae, Drosophilidae, Psychodidae, Sciaridae, Sepsidae (Galante y Marcos Garcia, 1997) los cuales son vitales para el proceso del ciclo de los nutrientes y otras funciones del ecosistema. (Schaefer y Kosztarab 1991). Pues de acuerdo a Crespo (2013), insectos coprófagos, a través de la manipulación de las excretas durante el proceso de alimentación, producen funciones vitales en el ecosistema, como la dispersión de semillas, el reciclaje de nutrientes y la supresión de parásitos proporcionando control de enfermedades y la fertilización del suelo.

Se atrajeron también importantes polinizadores como abejas, escarabajos y polillas los cuales son fundamentales en la agricultura urbana y periurbana, en la que contribuyen a la producción de frutos, plantas ornamentales y medicinales (Ramírez-Segura y Jones, 2016). Este grupo de insectos también sufre las consecuencias de la contaminación lumínica de acuerdo a Bittel (2017), la contaminación lumínica no solo afecta a las comunidades de polillas, sino al proceso ecológico de polinización, existe preocupación por el descenso en el número de polinizadores de manera acelerada, como el que se ha venido reportando, ya que atenta contra la seguridad alimentaria del mundo (Pantoja et al., 2014).

Eisenbeis y Hänel (2009), describen el comportamiento de los insectos en una farola donde frecuentemente, el insecto orbita la lámpara sin fin hasta que es atrapado por los

depredadores o cae exhausto al suelo en consecuencia muere o es atrapado por otros depredadores. Lo cual pudo ser observado de manera directa, muchos de los insectos especialmente escarabajos y polillas llegaban a la farola, se reposaban en el suelo donde su muerte se producía principalmente por atropellamiento ya que la zona sur y norte en la noche se vuelven vías rápidas y de gran flujo vehicular.

Al efecto de deslumbramiento, los insectos reaccionan dejando el espacio de luz para volar de vuelta buscando el refugio en la zona más oscura donde descansan ya sea en el suelo o en la vegetación. En este caso en el estudio se observó que los insectos que se deslumbraban eran atrapados fácilmente por depredadores (murciélagos y arañas) así mismo una gran cantidad se chocaban en los parabrisas principalmente de autobuses. Algunos insectos eran capaces de recuperarse y volar de vuelta a la lámpara una vez más, y proceden a estar inactivos, provocando el efecto de cautiverio (Calabuig et al., 2006).

En Yantzaza se identificó que la luz LED atrae a más insectos, se ha demostrado en estudios similares que efectivamente las lámparas LED son más eficientes para atraer a los invertebrados voladores, con respecto a las lámparas de vapor de sodio (alta presión) (Pawson y Bader, 2014, Pérez Hernández et al., 2017). Las lámparas de vapor de sodio de baja presión atraen la menor cantidad de insectos; Eisenbeis y Hänel (2009) reportaron que la actividad de vuelo de los insectos alrededor de estas luces se redujo a más de la mitad en contraste con las luces de mercurio de alta presión. Por lo tanto, son las más recomendables a usar en el alumbrado público.

Por otro lado, la distancia mínima entre trampas es también importante ya que si ésta no es la adecuada puede existir interferencia entre ellas. Esta interferencia depende del tipo de luz, pero también el estrato que se esté muestreando. Verticalmente los insectos pueden ser atraídos hasta casi 17 m hacia la fuente de luz, horizontalmente diversas especies de insectos entre estas

varias especies de Coleóptera, son atraídas en vuelo a menos de 5 metros de la fuente de luz, y polillas que pueden ser atraídas hasta 80 m de distancia (Stork et al., 2016). De aquí la importancia de utilizar luminarias sin emisión al hemisferio superior, luminarias recomendadas para no generar contaminación lumínica (Moreno García y Martín Moreno, 2016), de esta manera se reduce la incidencia de la luz tanto vertical como horizontalmente.

Considerando los efectos mencionados anteriormente, se puede afirmar que la contaminación lumínica afectaría directamente la sobrevivencia de los insectos, pues alteraría su comportamiento migratorio y reproductor. Una forma de mitigar estos efectos sería utilizar sólo la iluminación necesaria y optar por luces que tengan bajo componente UV o azul, tales como las luces cálidas (Urra, 2015). Los resultados muestran un impacto considerable en la atracción de riqueza y abundancia de insectos nocturnos a la luz artificial, por ello es necesario implementar normativa así como buscar estrategias que regulen la intensidad de las fuentes de energía en cada contexto en pro de limitar y minimizar los efectos adversos de la contaminación lumínica (San Martín et al., 2012).

Por lo tanto, ciudades que consideran establecer planes maestros de iluminación para mejorar su aspecto e imagen, deben incluir en los planes consideraciones físicas, sociales, económicas y ecológicas para desarrollar ciudades verdaderamente sostenibles (Eisenbeis & Hänel, 2009). En el caso de Yantzaza se debería mantener las luminarias de vapor de sodio, pues es una ciudad que aún conserva un ecosistema poco fragmentado y está rodeada de parches de bosque muy densos, y un cambio a luminarias LED significaría una grave repercusión por la atracción que tienen los insectos.

6. CONCLUSIONES

- Se registraron un total de 1.752 individuos, agrupados en ocho órdenes y 59 familias. Siendo Formicidae la familia más abundante, considerada uno de los grupos de insectos himenópteros más diversos del planeta registrando el 36% de individuos del total, seguida de la familia Cicadellidae con 451 individuos que también estuvo presente en todo el periodo de muestreo.
- La ubicación potencia y tipo de luz si está fuertemente relacionada con la riqueza y abundancia de insectos nocturnos pues las zonas mayormente influenciadas por la luz artificial atrajeron la mayor riqueza y abundancia de insectos y son zonas con dominancia de ciertas familias, lo cual pudo estar sujeto a las condiciones propias de cada zona como la vegetación, así como a la temporalidad en la que se desarrolló el estudio.
- La riqueza y abundancia de insectos nocturnos, obtenidos en la Ciudad de Yantzaza permiten concluir que es notable la influencia que ejerce la iluminación nocturna sobre los insectos, debido al descenso numérico de individuos y familias que se obtuvieron en uno u otro tipo de luz. Siendo Led las más nociva con respecto a la de vapor de sodio.

7. RECOMENDACIONES

- Estos resultados pueden servir para nuevas investigaciones sobre los efectos en insectos por la iluminación artificial durante la noche. Se sugiere avanzar con la identificación a nivel de especies para conocer cuáles son las más afectadas y si son similares a las que se han reportado en otros estudios.
- Para determinar con mayor asertividad si la abundancia de individuos en las zonas urbanas, está influenciada por las actividades antrópicas se sugiere realizar una prueba de control y tomar en cuenta diferentes intensidades con los tres tipos de luz analizados en el presente estudio, así como realizar muestreo en otras épocas del año.
- Se sugiere que cuando se instale o cambie los sistemas de iluminación se consideren estrategias como las propuesta por Eisenbeis & Hänel (2009), con la finalidad de mejorar las condiciones y contrarrestar los efectos negativos en los insectos.

8. REFERENCIAS

- Akacem, L. D., Wright, K. P., & LeBourgeois, M. K. (2016). Bedtime and evening light exposure influence circadian timing in preschool-age children: A field study. *Neurobiology of Sleep and Circadian Rhythms*, *1*(2), 27–31. <https://doi.org/10.1016/j.nbscr.2016.11.002>
- Baño Otálora, B. (2009). Efectos de la contaminación lumínica sobre la salud humana. *El cambio climático y el medio urbano*, 20–22.
- Bittel, J. (2017). Nocturnal pollinators go dark under street lamps. *Nature*. <https://doi.org/10.1038/nature.2017.22395>
- Brierley, A. S. (2007). Fisheries Ecology: Hunger for Shark Fin Soup Drives Clam Chowder off the Menu. *Current Biology*, *17*(14), 557–560. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2007.05.007>
- Burgos Solorio, A., & Anaya Rosales, S. (2004). Los crisomelinos (Coleoptera: Chrysomelidae: Chrysomelinae) del Estado de Morelos. *Acta Zoologica Mexicana*, *20*(3), 39–66. <https://doi.org/10.21829/azm.2004.2011997>
- Calabuig, J. D., Baixeras, J., & Fernández, G. (2006). La Gestión de la contaminación Lumínica y sus impactos sobre la Biodiversidad. En *Revista del Colegio Oficial de Físicos*.
- Chepesiuk, R. (2010). Extrañando la oscuridad: Los efectos de la contaminación lumínica sobre la salud. En *Salud Publica de Mexico* (Vol. 52, Número 5, pp. 468–477).
- Cleide Costa, S., & Simonka, C. (2015). Insectos Inmaduros. *Sociedad Entomológica Aragonesa*, *5*, 207–218. http://sea-entomologia.org/PDF/M3M_INSECTOSINMADUROS/Megaloptera.pdf

Costanza, R., Arge, R., DeGroot, R., Farberk, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., Neill, R. V. O., Paruelo, J., Raskin, R. G., & Sutton, P. (1997). Costanza et al. - 1997 - The value of the world ' s ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387(May), 253–260. <https://doi.org/10.1038/387253a0>

Crespo, G. (2013). Funciones de los organismos del suelo en el ecosistema de pastizal. En *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* (Vol. 47).

Díaz Sierra, R., Enríquez de Salamanca, Á., Martín Aranda, R. M., & Monreal Bueno, J. I. (2015). La contaminación Lumínica. Efectos, retos y soluciones. *Vida Científica*, 62–68.

Dolsa, A. G., & Albarrán, M. T. (2003). *La problemática de la Contaminación lumínica en la conservación de la Biodiversidad*. 1–8.

Dorremocha Herranz, C. (2002). El impacto ambiental de la iluminación nocturna artificial. *Gorosti*, 27–44.

Eisenbeis, G., & Hänel, A. (2009). Light pollution and the impact of artificial night lighting on insects. En *Ecology of Cities and Towns: A Comparative Approach* (pp. 243–263). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511609763.016>

Escárraga, M., Guerrero, R., Ana Lagos Tobías, E. M., Daza, A., Gonzalez, J. A., Victoria León, M., Londoño, R., & Quiroga, S. (2014). *Qué es una Hormiga? Hormigas un munDo De meÑiQues* *giganTes*. https://www.unimagdalena.edu.co/Content/Public/Docs/Entrada_Facultad3/adjunto_1029-20181004104813_435.pdf

Falchi, F., Cinzano, P., Duriscoe, D., Kyba, C. C. M., Elvidge, C. D., Baugh, K., Portnov, B.

- A., Rybnikova, N. A., & Furgoni, R. (2016). The new world atlas of artificial night sky brightness. *Science Advances*, 2(6), e1600377. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1600377>
- Firebaugh, A., & Haynes, K. J. (2016). Experimental tests of light-pollution impacts on nocturnal insect courtship and dispersal. *Oecologia*, 182(4), 1203–1211. <https://doi.org/10.1007/s00442-016-3723-1>
- Forero Céspedes, A. M., Gutiérrez, C., & ReinosoFlórez, G. (2016). Composición y estructura de la familia Baetidae (Insecta: Ephemeroptera) en una cuenca andina colombiana. *Hidrobiologica*, 26(3), 459–474. <http://www.scielo.org.mx/pdf/hbio/v26n3/0188-8897-hbio-26-03-00459.pdf>
- GAD Yantzaza. (2019). *Historia*. Historia de Yantzaza. <http://yantza.gov.ec/index.php/municipio/canton/historia>
- Galante, E., & Marcos Garcia, M. de los Á. (1997). Detritívoros, Coprófagos y Necrófagos. *S.E.A.*, 20, 57–64. http://sea-entomologia.org/PDF/BOLETIN_20/B20-003-057.pdf
- García Ramírez, J. C., & Pardo Locarno, L. C. (2016). Escarabajos scarabaeinae saprófagos (coleoptera: scarabaeidae) en un bosque muy húmedo premontano de los andes occidentales colombianos. *Ecología Aplicada*, 3(1–2), 59. <https://doi.org/10.21704/rea.v3i1-2.271>
- Gerhardt, R. R., & Hribar, L. J. (2019). Flies (Diptera). En *Medical and Veterinary Entomology* (pp. 171–190). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-814043-7.00011-x>
- Giraldo Mendoza, A. E. (2015). La suficiencia taxonómica como herramienta para el monitoreo de artrópodos epígeos: una primera aproximación en el desierto costero peruano. *Ecología*

Aplicada, 14(2), 147–156. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=34143179007>

Hernández Samaniego, E., & González Pampillón, L. (2017). Iluminados por la oscuridad: El hombre y su impacto en la contaminación lumínica. *Kuxulkab'*, 23(46), 41–46. <https://doi.org/10.19136/kuxulkab'.a23n46.2558>

Herranz, C., & Cañavate, E. (2008). *Contaminación Lumínica*.

Herranz, C., Ollé, J. M., & Jáuregui, F. (2011). 37 II Época / Nº 144 la iluminación con led y el problema de la contaminación lumínica. <https://www.celfosc.org/biblio/general/herranz-olle-jauregui2011.pdf>

Instituto Leibniz de Ecología. (2013). Loss of the Night. *Astronomy & Geophysics*, 54(3), 3.5-d-3.5. <https://doi.org/10.1093/astrogeo/att054>

International Dark-Sky Association. (2017). 3 Insects affected by light pollution. <https://www.darksky.org/3-insects-affected-by-light-pollution/>

Krapp, H. G. (2007). Polarization Vision: How Insects Find Their Way by Watching the Sky. *Current Biology*, 17(14), R557–R560. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2007.05.022>

Krinsky, W. L. (2019). True Bugs (Hemiptera). En *Medical and Veterinary Entomology* (pp. 107–127). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814043-7.00008-X>

Kusnezov, N. (1962). El vuelo nupcial de las hormigas. *Acta Zool. Lilloana*, 18, 385–442. <http://antbase.org/ants/publications/11064/11064.pdf>

López Riquelme, G. O., & Ramón, F. (2010). El mundo feliz de las hormigas. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 13(1), 35–48.

<https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2010.1.33>

Madrid Pérez, J. A., & Rol de Lama, M. de los Á. (2008). *Efectos de la contaminación lumínica sobre la salud humana*.

http://www.conama9.conama.org/conama9/download/files/GTs/GT_LUZ//LUZ_final.pdf

Medina Gaud, S. (1977). Manual para coleccionar insectos. *Universidad de Puerto Rico*, 1(254), 1–23.

Moreno García, M. C., & Martín Moreno, A. (2016). La contaminación lumínica. Aproximación al problema en el barrio de Sants (Barcelona). *Observatorio Medioambiental*, 19, 133–163.

<https://doi.org/10.5209/obmd.54165>

Negro, J. (2016). Mejor en el lado oscuro: efectos de la contaminación lumínica sobre la biodiversidad y la salud humana. *Chronica naturae*, 12(6), 6–12.

Pantoja, A., Smith Pardo, A., García, A., Sáenz, A., & Rojas, F. (2014). *Sobre polinización como servicio ambiental para la agricultura sostenible en países de Latinoamérica y el Caribe. Principios y avances*. www.fao.org/publications

Paucar Cabrera, A. (2005). A catalog and distributional analysis of the Rutelinae (Coleoptera: Scarabaeidae) of Ecuador. En *Zootaxa* (Número 948, pp. 1–92). Magnolia Press.

<https://doi.org/10.11646/zootaxa.948.1.1>

Pawson, S. M., & Bader, M. K.-F. (2014). LED lighting increases the ecological impact of light pollution irrespective of color temperature. *Ecological Applications*, 24(7), 1561–1568.

<https://doi.org/10.1890/14-0468.1>

- Pérez Hernández, C. X., Luna Gómez, M. I., Fuentes Barradas, A. E., Rodríguez Miranda, L. A., Guerrero Fuentes, D. R., Ramírez Ballesteros, M., García Calzada, F., Rodríguez Moreno, Á., & Gutiérrez Granados, G. (2017). Eficiencia de trampas “pitlight” con led para el muestreo de coleoptera nocturnos (insecta) en selvas tropicales. *ACTA ZOOLOGICA MEXICANA* (N.S.), 33(2), 314–327. <https://doi.org/10.21829/azm.2017.3321067>
- Pérez Legaspi, I., García Villar, A., Garatachia Vargas, M., Hernández Vergara, M., Pérez Rostro, C., & Ortega Clemente, L. (2015). Diversidad Biologica del Orden Orthoptera(clase insecta) registrada en la Coleccion Entomologica de la Universidd Autónoma de Aguascalientes. *Investigación y Ciencia, Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 64, 11–18. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=67403503>
- Perkin, E. K., Hölker, F., & Tockner, K. (2014). The effects of artificial lighting on adult aquatic and terrestrial insects. *Freshwater Biology*, 59(2), 368–377. <https://doi.org/10.1111/fwb.12270>
- Pete, S., Jeff, P., Amy, M., Rachel, W., & Yadvinder, M. (2018). Impacts on terrestrial biodiversity of moving from a 2°C to a 1.5°C target. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 376(2119), 20160456. <https://doi.org/10.1098/rsta.2016.0456>
- Piña Lozada, A. (2010). *Comunidades de estafilínidos (coleoptera: staphylinidae) de topos de collantes, sancti spíritus, CUBA* (Vol. 46).
- Pinheiro, F., Diniz, I. R., Coelho, D., & Bandeira, M. P. S. (2002). Seasonal pattern of insect abundance in the Brazilian cerrado. *Austral Ecology*, 27(2), 132–136.

<https://doi.org/10.1046/j.1442-9993.2002.01165.x>

Pombo, D., & Bourgoïn, T. (2012). *El Árbol de la Vida: sistemática y evolución de seres vivos: Capítulo 30. Hemípteros* (pp. 303–310).

https://www.researchgate.net/publication/331155541_Capitulo_30_Hemipteros

Ramírez, O., & Wallace, R. (2016, julio). Insectos polinizadores en ambientes urbanos: perspectivas de su estudio en México. *Biología e historia natural*, 3, 183–190.

<http://www.socmexent.org/entomologia/revista/2016/BHN/Em183-190.pdf>

Roach, J. (2003). *Dung Beetles Navigate by the Moon*. National Geographic.

<https://www.nationalgeographic.com/animals/2003/07/dung-beetles-navigate-by-the-moon-study-says/>

Robertson, B., Kriska, G., Horváth, V., & Horváth, G. (2010). Glass buildings as bird feeders: Urban birds exploit insects trapped by polarized light pollution. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 56(3), 283–293.

<https://pdfs.semanticscholar.org/7ffa/990d6e3b1c3c8e538bf5420d15057490a2b4.pdf>

Rojas Sandino, L. D., Reinoso Flórez, G., & Vásquez Ramos, J. M. (2018). Distribución espacial y temporal de dípteros acuáticos (Insecta: Diptera) en la cuenca del río Alvarado, Tolima, Colombia. *Biota Colombiana*, 19(1), 70–91. <https://doi.org/10.21068/c2018v19n01a05>

San Martín, R., Solano Lamphar, H., Francia Payàs, P., García Gil, M., Universitat Politècnica de Catalunya., & Iniciativa Digital Politècnica. (2012). *Contaminación lumínica una visión desde el foco contaminante: el alumbrado artificial* (Primera). Universitat Politècnica de Catalunya. Iniciativa Digital Politècnica. <http://ebookcentral.proquest.com/li>

- Tello, V., & Vargas, J. (2015). *Efecto de la luz artificial a diferentes fotoperiodos sobre dos variables productivas de la grana cochinilla, Dactylopius coccus Costa (Hemiptera: Dactylopiidae) para su cultivo bajo condiciones controladas*. Idesia (Arica). <https://doi.org/10.4067/s0718-34292015000300004>
- Tolrá Hjorth, M. (2015). Clase Insecta. *Ibero Diversidad Entomológica*, 63, 1–22. www.sea-entomologia.org/IDE@
- Urra, F. (2015). *Cómo afecta la luz a los insectos - Museo Nacional de Historia Natural*. https://www.mnhn.gob.cl/613/w3-article-55392.html?_noredirect=1
- Webster, R. P., Sweeney, J. D., & DeMerchant, I. (2012). New Staphylinidae (Coleoptera) records with new collection data from New Brunswick and eastern Canada: Tachyporinae. *ZooKeys*, 186, 55–82. <https://doi.org/10.3897/zookeys.186.2491>
- Zaragoza Caballero, S., & Pérez Hernández, C. X. (2014). Biodiversidad de cantaroideos (Coleoptera: Elateroidea [Cantharidae, Lampyridae, Lycidae, Phengodidae, Telegeusidae]) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(SUPPL.), 279–289. <https://doi.org/10.7550/rmb.31748>
- Zúñiga Reinoso, Á. (2011). Los Coccinélidos (Coleóptera: Coccinellidae) de la región de Magallanes: Nuevos registros y distribución regional. *Anales del Instituto de la Patagonia*, 39(1), 59–71. <https://doi.org/10.4067/s0718-686x2011000100005>

9. ANEXOS

9.1. Anexo 1: Permiso de investigación

MINISTERIO DEL AMBIENTE



 EL GOBIERNO DE TODOS

AUTORIZACIÓN DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Nº 030-2019-IC-FLO-FAU-DPAZCH-UPN-VS/MA

FLORA: X FAUNA: X VARIOS:

El Ministerio del Ambiente, en uso de las atribuciones que le confiere La Normativa Ambiental Vigente autoriza a:

Investigador/es	C.I/ Pasaporte	Nacionalidad
Aura Paucar Cabrera	1712734829	Ecuatoriana
Katusca Valarezo Aguilar	0703211961	Ecuatoriana
Christian Mendoza León	1003003421	Ecuatoriana
Xavier Rojas Ruilova	1104019185	Ecuatoriana

Para llevar a cabo la investigación científica “Plan de Colecta del Museo de Zoología de la Universidad Nacional de Loja (LOUNAZ), para la Provincia de Zamora Chinchipe” en la provincia de Zamora Chinchipe.

De acuerdo a las siguientes especificaciones:

- Solicitud de: Ing. Christian Mendoza León.
- Auspicio de Estudios y/o Servicios Ambientales: Universidad del Azuay.
- Contraparte del Ministerio del Ambiente: Ing. Paola Cañar. Directora Provincial del Ministerio del Ambiente Zamora Chinchipe.
- Inicio y final de investigación: Septiembre 2019 a Septiembre 2020
- Entrega de informe final: 15 de Septiembre 2020
- Valoración técnica del proyecto: Ing. Byron Medina - Coordinador de la Unidad de Patrimonio Natural, Abg. Dylan Castillo - Especialista de Vida Silvestre Provincial.
- Esta Autorización **NO HABILITA LA MOVILIZACIÓN DE FLORA / FAUNA O MICROORGANISMOS**. Es competencia de cada una de las direcciones provinciales del MAE, y que deberá gestionarse en cada dependencia.
- Esta Autorización **NO HABILITA EXPORTACIÓN DE FLORA/FAUNA O MICROORGANISMOS**, sin la correspondiente autorización de la Dirección Nacional de Biodiversidad o cada uno de los Centros de Tenencia y Manejo de Flora/Fauna (Herbarios/ Museos de Historia Natural) que cuente con patente vigente emitida por la Autoridad Ambiental.
- Estas muestras recolectadas no podrán ser utilizadas en actividades de bioprospección **NI ACCESO AL RECURSO GENÉTICO**.
- De los resultados que se desprendan de esta investigación, no podrán ser utilizados para estudios posteriores de Acceso a Recurso Genéticos sin la previa autorización del Ministerio del Ambiente. Unidad de Acceso al Recurso Genético.

Complementos autorizados para llevar a cabo la Investigación en campo:

- Metodología: Mastofauna; Trampas:** se usarán trampas Tomahawk de diferentes medidas y Sherman para la captura de mamíferos medianos y micromamíferos. El número de trampas a usar y su distribución en el espacio se determinará de acuerdo al diseño planteado para cada tipo de hábitat. **Redes de niebla:** para la captura de quirópteros se usarán redes de neblina de 6 y 12 metros dispuestas

La falta de entrega de los resultados finales en los formatos indicados será causa suficiente para que el investigador no pueda continuar con las actividades de investigación en el país.

Sevilla de Oro y Francisco de Orellana (Zamora)
 Telf.: + (593 7) 2606606 – 2605315 (Zamora), 2324009 (Yantzaza), 3041662 Valladolid
www.ambiente.gob.ec



a lo largo de los puntos de muestreo que serán definidos para cada tipo de hábitat. **Avifauna:** Para la captura de aves se usarán redes de neblina, como mínimo de 10 redes colocadas en transectos de 500 a 1000 m, con 75 a 100 m de distancia entre ellas cubriendo un área de 3 a 5 ha. En terrenos irregulares o inclinados, las redes estarán más concentradas y cubrir un área menor. En todos los casos las redes deben estar distribuidas de la forma más uniforme posible. Se colectará únicamente, especies de aves que tengan la posibilidad de ser una especie o sub especie nueva para la ciencia y aves con registros inusuales o que se encuentren fuera de su área de distribución, las demás aves capturas serán marcadas con anillos de colores y liberadas. **Herpetofauna:** Para la colecta de los ejemplares herpetológicos se implementará el método de Inspección por Encuentro Visual (Heyer et al., 1994), que consiste en realizar recorridos por un área en busca de individuos, que se encuentren asociados a la vegetación, borde de los cuerpos de agua, bajo de piedras, troncos del suelo y hojarasca. Los muestreos se efectúan tanto en horas del día en diferentes tipos de coberturas que incluyen áreas abiertas y cerradas. Los individuos se capturan manualmente, anotando para cada individuo sus respectivos datos de campo (Altura, sustrato de la percha, hora del día, y asociación a cuerpos de aguas). **Invertebrados;** Se colectarán invertebrados de todos los órdenes utilizando los siguientes métodos: Trampas de luz con focos de vapor de mercurio, luz negra y luz violeta, Barrido de follaje. Excavación en troncos podridos, Colección manual. Trampas de caída (pitfall). Trampas de fruta. Trampas de intersección y Malaise. Trampas de embudo de Berlese. Red entomológica y red de Surber. Los especímenes serán colectados en alcohol al 70 ó 96% o en frascos con papel empapado en acetato de etilo. Luego serán llevados al laboratorio para ser preparados/montados, etiquetados e identificados. Se colectarán 2 a 6 especímenes de cada especie de vertebrado que se capture, siempre que este sea de difícil identificación, esté fuera de su rango de distribución conocido o sea una posible nueva especie, dando un tratamiento específico a cada ejemplar de acuerdo al método de conservación de grupo taxonómico y en invertebrados es usual que muchas especies no presenten rasgos morfológicos que permitan su identificación in-situ, por lo cual se colectarán todos los especímenes que estén presentes en las trampas, esto con el objetivo de tener una descripción de adecuada de cada ejemplar. Los especímenes colectados se depositarán en el Museo de Zoología de la Universidad Nacional de Loja (LOUNAZ).

Obligaciones del investigador:

12. Entregar al Ministerio del Ambiente-Dirección Provincial de Zamora Chinchipe, (02) dos copias del informe final impreso en formato PDF, (incluyendo una versión digital), de los resultados de la autorización otorgada. (Solicitar formato Informe Final en la Dirección Provincial de Zamora Chinchipe). Y juntar el o los certificados originales del depósito o recibo de las muestras, emitidas por las instituciones científicas ecuatorianas como internacionales depositarias de material biológico.
13. Citar en las publicaciones científicas, Tesis o informes técnicos científicos el número de Autorización de Investigación Científica otorgada por el Ministerio del Ambiente, con el que se recolecto el material biológico.
14. Entregar (2) copias de las publicaciones a la Dirección provincial correspondiente.
15. Entregar copias del material fotográfico que puedan ser utilizados para difusión. (se respetara los derechos de autoría).
16. Lista taxonómica de las especies de fauna y flora debidamente identificadas, objeto de la autorización de recolecta con sus respectivas coordenadas. (Solicitar Formato en la Dirección Provincial de Zamora Chinchipe).
17. Los holotipos y ejemplares únicos sólo pueden llevarse fuera del país en calidad de préstamo por un periodo de hasta 12 meses. (en caso de requerir más tiempo se deberá realizar la solicitud y entregar informes preliminares).
18. Depositar **Holotipos** y ejemplares únicos en una institución ecuatoriana depositaria de material biológico, Centros de Manejo y Tenencia de Vida Silvestre. (Herbarios Nacionales autorizados que cuenten con patente vigente de funcionamiento).

La falta de entrega de los resultados finales en los formatos indicados será causa suficiente para que el investigador no pueda continuar con las actividades de investigación en el país.

MINISTERIO DEL AMBIENTE



19. Las muestras botánicas/faunísticas a ser depositadas deberán ser preservadas, curadas y depositadas de lo contrario, se deberán sufragar los gastos que demanden la preparación del material para su ingreso a la colección correspondiente.

Del incumplimiento de las obligaciones dispuestas en los numerales, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 se responsabilizan:

Investigador/es	C.I/ Pasaporte	Nacionalidad
Aura Paucar Cabrera	1712734829	Ecuatoriana
Katusca Valarezo Aguilar	0703211961	Ecuatoriana
Christian Mendoza León	1003003421	Ecuatoriana
Xavier Rojas Ruilova	1104019185	Ecuatoriana

SE AUTORIZA LA INVESTIGACIÓN EN LA PROVINCIA, CANTON, PARROQUIA:

Provincia
Zamora Chinchipe

SE AUTORIZA EL ESTUDIO DE MUESTRAS BIOLÓGICAS CON EL PROPÓSITO DE:

20. Evaluar la composición y estructura de poblaciones de invertebrados y vertebrados terrestres.
21. Evaluar la dinámica temporal de la diversidad, riqueza, abundancia y rasgos ecológicos de las poblaciones de vertebrados terrestres e invertebrados.
22. Describir nuevas especies para el sur del Ecuador.

SE AUTORIZA LA UTILIZACIÓN DE LOS SIGUIENTES MATERIALES Y/O EQUIPOS PARA LA REALIZACIÓN DE ESTA INVESTIGACION.

MATERIALES Y EQUIPOS		
Calibrador pie de rey digital	Redes de neblina 3 m x 12 m	Básculas digitales de 1000g 0.01
Regla de anillamiento con tope de 30 cm	Termohigrómetro digital	Grabadora digital
Micrófono unidireccional	Cámaras trampa	Trampas Sherman
Trampas tipo Víctor	Trampas Tomahawk	Formol
Binoculares prismas roof 8 x 42	Cámara digital semiprofesional	GPS
Generador a gasolina	Alcohol potable 90%	Agua oxigenada
Frascos de vidrio transparente 250 ml-500 ml	Fundas plásticas ziploc	Jeringuillas descartables de 1ml, 3ml, 5ml, 10ml
Tubos Eppendorf de 0.5 ml, 1.5 ml, 2 ml	Tubos cónicos de plástico para centrifuga 15 ml	Agujas entomológicas negras nº 3 Piola
Pinzas de punta ultra fina	Pinzas punta fina	Cable eléctrico con boquilla 30 m
Foco de vapor de mercurio 250 V	Foco fluorescente luz azul	Tela blanca para sábana
Red entomológica	Recipiente para transporte de gasolina	Acetato de etilo

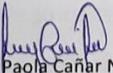
OBLIGACIONES Y CONDICIONES PARA LA VIGENCIA DE ESTA AUTORIZACIÓN:

23. LAS MUESTRAS PRODUCTO DE ESTA INVESTIGACIÓN DEBERAN SER CATALOGADAS POR INDIVIDUO O LOTES, DESDE EL NÚMERO 001-030-2019 IC-FLO-FAU-DPAZCH-UPN-VS/MA HASTA N°--00XX-030-19 IC-FLO-FAU-DPAZCH-UPN-VS/MA, PREVIA SOLICITUD DE MOVILIZACIÓN O EXPORTACIÓN.

La falta de entrega de los resultados finales en los formatos indicados será causa suficiente para que el investigador no pueda continuar con las actividades de investigación en el país.



24. ESTA AUTORIZACIÓN FACULTA LA COLECCIÓN/ MANIPULACIÓN DE ESPECIMENES VIVOS, MISMO QUE **NO PODRÁN** SER UTILIZADOS COMO MATERIAL PARENTAL PARA MANEJO COMERCIAL.
25. ESTA AUTORIZACIÓN ES EMITIDA BAJO LOS TÉRMINOS EXPRESADOS EN LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN, EN TAL SENTIDO HABILITA EL MANEJO DE FAUNA/ FLORA O MICROORGANISMOS QUE HAYAN ESTADO EXPRESADOS EN LA PROPUESTA TÉCNICA TANTO EN TAXONES COMO EN NUMERO DE INDIVIDUOS.
26. LOS INVESTIGADORES DEBERÁN REALIZAR SUS INTERVENCIONES EN CAMPO BAJO UN MANEJO RESPONSABLE Y ÉTICO CON LOS ESPECÍMENES ASÍ COMO CON LOS EQUIPOS Y MATERIALES UTILIZADOS DURANTE LA INVESTIGACIÓN.
27. PARA EL INGRESO A AREAS DE PROPIEDAD PRIVADA LOS INVESTIGADORES DEBERAN CONTAR CON LA AUTORIZACIÓN DEL RESPECTIVO PROPIETARIO.
28. PARA EL INGRESO A AREAS NATURALES PROTEGIDAS LOS INVESTIGADORES DEBERAN CONTAR CON LA AUTORIZACIÓN DEL RESPECTIVO RESPONSABLE DE ÁREA.
29. NO SE AUTORIZA LA UTILIZACIÓN DE ARMAS DE FUEGO, EXPLOSIVOS O SUBSTANCIAS VENENOSAS COMO METODOLOGIA DE ESTA INVESTIGACION.
30. SE PROHÍBE EL INGRESO A LAS ÁREAS NATURALES DEL ESTADO ETILICO, PORTANDO ARMAS, EXPLOSIVOS, TÓXICOS, CONTAMINANTES, MATERIAL VEGETATIVO, ESPECIES ANIMALES Y EN GENERAL TODO AQUELLO QUE ATENTE A LA INTEGRIDAD DEL ÁREA.
31. ESTA AUTORIZACIÓN DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA PODRÁ SER RENOVADA ANUALMENTE PREVIO AL CUMPLIMIENTO DE LAS OBLIGACIONES CONTRAIDAS POR EL INVESTIGADOR, ENTREGA Y APROBACIÓN DE INFORMES PARCIALES O FINALES EN LAS FECHAS INDICADAS.
32. SE SOLICITARÁ PRÓRROGA QUINCE DÍAS ANTES DE LA FECHA DE VENCIMIENTO QUE INDICA ESTE DOCUMENTO.
33. TODO USO INDEBIDO DE ESTA AUTORIZACIÓN, ASÍ COMO EL INCUMPLIMIENTO DE ASPECTOS LEGALES, ADMINISTRATIVOS O TÉCNICOS ESTABLECIDOS EN LA MISMA, SERÁN SANCIONADOS DE ACUERDO A LA CODIFICACIÓN A LA LEY FORESTAL Y DE CONSERVACIÓN DE AREAS NATURALES Y VIDA SILVESTRE Y AL TEXTO UNIFICADO DE LA LEGISLACIÓN AMBIENTAL SECUNDARIA. Y DEMAS NORMATIVA PERTINENTE.
34. EL INCUMPLIMIENTO DE CUALQUIERA DE ESTAS DISPOSICIONES ASÍ COMO EL USO INDEBIDO DE ESTE DOCUMENTO, O EL INCUMPLIMIENTO DE LAS DISPOSICIONES LEGALES, ADMINISTRATIVAS O TÉCNICAS ESTABLECIDAS EN LA MISMA, SERÁN SANCIONADOS CONFORME A LA LEY FORESTAL Y DE CONSERVACIÓN DE ÁREAS NATURALES Y VIDA SILVESTRE CODIFICADA, TEXTO UNIFICADO DE LA LEGISLACIÓN AMBIENTAL SECUNDARIA Y CON LA SUSPENSIÓN INMEDIATA DE LA PRESENTE AUTORIZACIÓN.
35. TASA POR AUTORIZACIÓN: DEPOSITO EN LA CUENTA 0010000785, CÓDIGO SUBLÍNEA 190499, EN EL BANCO BANECUADOR CON NUMERO DE FACTURA EMITIDA POR EL MINISTERIO DEL AMBIENTE Nro. 001-002-74722.


Ing. Paola Cañar N.

 **Ministerio
del Ambiente**
DIRECCION PROVINCIAL
DE ZAMORA CHINCHIPE

Directora Provincial del Ministerio del Ambiente Zamora Chinchipe

Elaborado por: DC

La falta de entrega de los resultados finales en los formatos indicados será causa suficiente para que el investigador no pueda continuar con las actividades de investigación en el país.

Sevilla de Oro y Francisco de Orellana (Zamora)
Telf.: + (593 7) 2606606 – 2605315 (Zamora), 2324009 (Yantzaza), 3041662 Valladolid
www.ambiente.gob.ec

9.2. Anexo 2: Permiso de movilización

MINISTERIO DEL AMBIENTE



Oficio Nro. MAE-DPAZCH-2019-2160-O

Zamora, 02 de diciembre de 2019

Asunto: Permiso de Movilización de Muestras

Ingeniero
Christian Alberto Mendoza Leon
En su Despacho

De mi consideración:

En atención al Oficio Nro. LOUNAZ-I-MOV-0001-ZCH, ingresado mediante documento de control MAE-DPAZCH-2019-2706-E, en el cual se solicita una guía de movilización de muestras colectadas bajo autorización de investigación científica, denominada "Plan de colecta del Museo de Zoología de Loja (LOUNAZ), para la provincia de Zamora Chinchipe", con autorización de investigación 0030-2019-IC-FLO-FAU-DPAZCH-VS/MA, en la provincia de Zamora Chinchipe.

En este contexto, una vez que se ha revisado la documentación correspondiente, adjunto al presente sírvase encontrar la guía de movilización requerida, mencionando que se debe cumplir con las obligaciones de la autorización de investigación.

Con sentimientos de distinguida consideración.

Atentamente,

Ministerio
del Ambiente
DIRECCIÓN PROVINCIAL
DE ZAMORA CHINCHIPE

Documento firmado electrónicamente

Ing. Triny Paola Cañar Nantipa
DIRECTORA PROVINCIAL DEL AMBIENTE DE ZAMORA CHINCHIPE

Referencias:
- MAE-DPAZCH-2019-2706-E

Anexos:
- solicitud_de_guia_de_movilizacion_de_especies_mae-dpazch-2019-2706-e.pdf
- guia_de_movilizacion_084_2019.doc

Copia:
Señor Ingeniero
Byron Stalin Molina Pacheco
Responsable de la Unidad de Patrimonio Natural - Dirección Provincial del Ambiente de Zamora Chinchipe

Dirección Provincial de Zamora Chinchipe • Código Postal: 190101 / Zamora - Ecuador • Teléfono: (593 7) 2605606 / 2605315
Dirección: Calle Sevilla de Oro y Francisco de Orellana

9.4.Anexo 4: Tabla resumen de los insectos colectados.

Orden	Familia	Tipos de Luz			Total
		LED	SBP1	SBP2	
Coleoptera	Byrrhidae		1	1	2
Coleoptera	Cantharidae			1	1
Coleoptera	Carabidae	2			2
Coleoptera	Chrysomelidae	41	5	24	70
Coleoptera	Coccinellidae		1		1
Coleoptera	Curculionidae	1			1
Coleoptera	Elateridae	2			2
Coleoptera	Eucnemidae	5	1		6
Coleoptera	Lampyridae	2	2	2	6
Coleoptera	Passalidae	2	2	2	6
Coleoptera	Scarabaeidae	29	6	31	66
Coleoptera	Staphylinidae	1			1
Coleoptera	Tenebrionidae	1	1		2
Diptera	Asilidae	1	1		2
Diptera	Bibionidae	2	2	2	6
Diptera	Calliphoridae		1		1
Diptera	Cecidomyiidae		1		1
Diptera	Ceratopogonidae		3		3
Diptera	Culicidae	28	47	16	91
Diptera	Curtonotidae		1		1
Diptera	Dolichopodidae		1		1
Diptera	Drosophilidae		2		2
Diptera	Muscidae	13	27	18	58
Diptera	Mycetophilidae	1	2	1	4
Diptera	Mydidae		1		1
Diptera	Platystomatidae	1			1
Diptera	Psychodidae	1	5	1	7
Diptera	Sciaridae	28	18	9	55
Diptera	Sepsidae	3			3
Diptera	Stratiomyidae			1	1
Diptera	Tanyderidae	3	7	2	12
Diptera	Tipulidae	13	31	14	58
Diptera	Trichoceridae		3	1	4
Ephemeroptera	Baetidae	22	8		30
Hemiptera	Achilidae	3		1	4
Hemiptera	Cercopoidea	3	2	5	10
Hemiptera	Cicadellidae	111	111	98	320
Hemiptera	Cicadidae	6	1	2	9

Hemiptera	Coreidae		7	3	10
Hemiptera	Delphacidae	3	6	1	10
Hemiptera	Lygaeidae	28	12	2	42
Hemiptera	Membracidae	4	3	5	12
Hemiptera	Pentatomidae	7	1	2	10
Hemiptera	Psyllidae	2	3	1	6
Hemiptera	Reduviidae	8	7	5	20
Hemiptera	Tingidae		1		1
Hymenoptera	Apidae			1	1
Hymenoptera	Braconidae		1		1
Hymenoptera	Eulophidae		1		1
Hymenoptera	Formicidae	361	188	86	635
Hymenoptera	Ichneumonidae	7	7	3	17
Hymenoptera	Megaspilidae	1			1
Lepidoptera	--	42	40	10	92
Megaloptera	Corydalidae	3	1		4
Orthoptera	Gryllidae	22	8	17	47
Orthoptera	Gryllotalpidae	10		16	26
Orthoptera	Tetrigidae			6	6
Orthoptera	Tettigoniidae	29		17	46
Psocoptera	Psocidae	3	1	1	5
Total, general		855	582	408	1845