

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ciencias de la Vida

Visibilizar lo invisible: análisis espacio temporal de los insectos en Guayaquil urbano

VIDA - 467

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Bióloga

Presentado por:

Franchesca Juliana López Pincay

Guayaquil - Ecuador

Año: 2025

Dedicatoria

El presente proyecto lo dedico a **AHLZ**,
inventor, poeta y mi padre.

A mi hermana Ana por su apoyo y amor incondicional que me permitió llegar a este momento.

A Isabela, la hermanita que ya no esperaba y que levanta mi mundo con su ternura.

A Omar, Martha y Gian, seres irremplazables que llenaron de risa y cariño mis momentos insípidos.

Agradecimientos

Quisiera expresar mi más sincero agradecimiento a mi tutor de proyecto. Su guía constante y su fe inquebrantable en mis habilidades me han motivado a alcanzar alturas que nunca imaginé.

Me gustaría agradecer a la ESPOL por abrirme las puertas y brindarme la oportunidad de crecer académica y profesionalmente.

Declaración Expresa

Yo Franchesca Juliana Lopez Pincay acuerdo y reconozco que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí/nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me/nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi/nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique al autor que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 29 de enero del 2026.

Autor

Evaluadores

Diego Arturo Gallardo Polit

Profesor de Materia

Julian Alfredo Perez Correa

Tutor de proyecto

Resumen

El presente proyecto analiza la diversidad de insectos en el entorno urbano de Guayaquil por medio de datos abiertos georreferenciados obtenidos de GBIF, correspondientes a los últimos 25 años. Se busca analizar la diversidad espacial y temporal para detectar variaciones relevantes que podrían estar asociadas a la estacionalidad y distribución observada. Se plantea la hipótesis de que la distribución y diversidad observada de insectos presenta patrones espacio-temporales detectables que no se explican únicamente por el esfuerzo de muestreo, sino que reflejan en parte gradientes ambientales. En Guayaquil no existe una base consolidada reproducible que tenga registros de calidad sobre la riqueza urbana observada. Se limpió y estandarizó el conjunto de datos de ocurrencias bajo campos Darwin Core. La herramienta fundamental para la depuración de datos y técnicas de estadística descriptiva fue RStudio. Para mitigar sesgos asociados a las observaciones, se realizaron análisis comparativos imparciales con estandarización por submuestreo. Los resultados mostraron heterogeneidad marcada con dominancia de aportantes y esfuerzo de muestreo, por lo que es importante realizar interpretaciones basadas en ocurrencia observada y no en abundancia. Se encontró una proporción elevada de Odonata en celdas cercanas a cuerpos de agua, reflejando gradientes reales y no solo rutas de observador. Este proyecto presenta una base de datos estandarizada, una demostración de que la señal ecológica puede emerger incluso bajo sesgos de muestreo y productos cartográficos útiles para futuras estrategias de monitoreo.

Palabras Clave: Biodiversidad, estacionalidad, base de datos, R Studio.

Abstract

This project analyzes insect diversity in the urban environment of Guayaquil using georeferenced open data obtained from GBIF, corresponding to the last 25 years. The aim is to analyze spatial and temporal diversity in order to detect relevant variations that could be associated with seasonality and observed distribution. The hypothesis is that the observed distribution and diversity of insects show detectable spatiotemporal patterns that cannot be explained solely by sampling effort, but rather reflect environmental gradients in part. In Guayaquil, there is no consolidated, reproducible database with quality records on the observed urban richness. The dataset of occurrences was cleaned and standardized under Darwin Core fields. The fundamental tool for data cleaning and descriptive statistical techniques was RStudio. To mitigate biases associated with observations, unbiased comparative analyses were performed with standardization by subsampling. The results showed marked heterogeneity with dominance of contributors and sampling effort, so it is important to make interpretations based on observed occurrence rather than abundance. A high proportion of Odonata was found in cells near bodies of water, reflecting real gradients and not just observer routes. This project presents a standardized database, demonstrating that ecological signals can emerge even under sampling biases, and cartographic products useful for future monitoring strategies.

Keywords: Biodiversity, seasonality, database, R Studio.

Índice general

Evaluadores	5
Resumen	6
<i>Abstract</i>	7
Índice general	8
Abreviaturas	11
Simbología	12
Índice de figuras	13
Índice de tablas	13
Capítulo 1	15
1. Introducción	16
1.1 Contexto y relevancia	16
1.1.1 <i>Monitoreo de insectos en el entorno urbano: importancia y vacíos</i>	16
1.1.2 <i>Desequilibrios en la trama urbana: Plagas, resistencia y pérdida de biodiversidad en Guayaquil</i>	17
1.1.3 <i>Flujo de trabajo para la depuración y análisis de datos de biodiversidad</i>	1
1.2 Descripción del Problema	2
1.3 Justificación del Problema	2
1.4 Objetivos	3
1.4.1 <i>Objetivo general</i>	3
1.4.2 <i>Objetivos específicos</i>	3
1.5 Marco teórico	3
1.5.1 <i>La necesidad de un enfoque basado en datos y ecosistemas en Guayaquil</i>	3
1.5.2 <i>Evidencia regional</i>	4
1.5.3 <i>Datos abiertos de ciencia ciudadana: sesgos y estandarización</i>	5
Capítulo 2	1

2. Metodología	2
2.1 Estandarización de registros	2
2.1.1 <i>Delimitación de área de estudio</i>	2
2.1.2 <i>Adquisición de datos GBIF</i>	2
2.1.3 <i>Software, paquetes y funciones</i>	3
2.1.4 <i>Diagnostico de sesgos</i>	4
2.2 Análisis temporal bajo rarefacción	7
2.2.1 <i>Comparaciones con ventanas para los últimos cinco años</i>	8
2.2.2 <i>Comparaciones de sesgo de dominancia para los últimos tres años</i>	10
2.3 Análisis espaciales	15
2.3.1 <i>Visión general: riqueza y esfuerzo</i>	15
2.3.2 <i>Variables urbanas: composición de insectos</i>	18
Capítulo 3	21
3. Resultados y análisis	22
3.1 Diagnóstico de sesgos	22
3.1.1 <i>Sesgo por falta de registros</i>	22
3.1.2 <i>Sesgo por dominancia de aportantes</i>	22
3.1.3 <i>Sesgo por esfuerzo y preferencias de muestreo</i>	23
3.2 Análisis temporales	23
3.2.1 <i>Comparación de la riqueza y composición por ventanas temporales</i>	23
3.2.2 <i>Sensibilidad de la riqueza y composición a la dominancia de aportantes</i>	24
3.3 Análisis espaciales	25
3.3.1 <i>Mapas de riqueza y esfuerzo de los últimos cinco años</i>	26
3.3.2 <i>Mapas de riqueza y esfuerzo por ventanas temporales</i>	27
3.3.3 <i>Relación entre composición y variables urbanas</i>	27
3.3.4 <i>Relación entre riqueza espacial observada y dominancia de aportantes</i>	28

3.4 Afianzamiento de hallazgos.....	28
Capítulo 4	30
4. Conclusiones y recomendaciones.....	31
4.1 Conclusiones	31
4.2 Recomendaciones	32
Referencias	34

Abreviaturas

DASE	Empresa Pública Municipal de Acción Social y Educación
DOI	Digital Object Identifier (Identificador de Objeto Digital)
GBIF	Global Biodiversity Information Facility
IC	Intervalo de Confianza
ISO	International Organization for Standardization
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería
NA	No Aplicable
OSM	OpenStreetMap
BPCB	Bosque Protector Cerro Blanco
BPP	Bosque Protector Prosperina
QGIS	Quantum Geographic Information System
R	R (lenguaje/entorno de programación)
TDWG	Biodiversity Information Standards
TSV	Tab-separated values (Valores Separados por Tabulaciones)

Simbología

C	C
%	Porcentaje
~	Aproximadamente
\leq	Menor o igual que
Km	Kilómetro
Km ²	Kilómetro cuadrado
M	Metro
Min_n	Umbral mínimo de registros por celda
N	Tamaño de muestra
vs	Versus

Índice de figuras

Figura 1	2
Figura 2	4
Figura 3	5
Figura 4	5
Figura 5	6
Figura 6	7
Figura 7	8
Figura 8	9
Figura 9	11
Figura 10	11
Figura 11	14
Figura 12	14
Figura 13	16
Figura 14	16
Figura 15	16
Figura 16	17
Figura 17	17
Figura 18	17
Figura 19	18
Figura 20	18
Figura 21	19
Figura 22	19
Figura 23	20

Índice de tablas

Tabla 1	6
Tabla 2	8
Tabla 3	9
Tabla 4	10
Tabla 5	11

Tabla 6..... 12

Tabla 7..... 18

Capítulo 1

1. Introducción

1.1 Contexto y relevancia

1.1.1 Monitoreo de insectos en el entorno urbano: importancia y vacíos

Un paso importante para enfrentar la crisis climática y pérdida de biodiversidad es integrar la naturaleza en el entorno urbano (Díaz et al., 2019). Al monitorear polinizadores y otros insectos, se obtienen datos en tiempo real sobre la conectividad ecológica, garantizando la resiliencia de servicios ecosistémicos que se deseen implementar en los entornos urbanos. Según Abbasi (2025) las estrategias basadas en insectos son esenciales para la regeneración del suelo y recuperación del hábitat frente a estresores climáticos. Un estudio sobre hormigas y escarabajos como bioindicadores del suelo y corredores verdes, resalta la importancia de la participación ciudadana para la generación masiva de datos (Cabrero-Sañudo et al., 2022).

Uno de los dilemas del entorno urbano es equilibrar el desarrollo y la salubridad humana con la conservación de la biodiversidad que sustenta los procesos ecológicos. La expansión urbana, la contaminación, especies invasoras y las fumigaciones masivas son prácticas comunes, por lo que este equilibrio se encuentra gravemente comprometido en esta región tropical (Fenoglio et al., 2021). Las limitaciones de datos actuales para la región subrayan la necesidad de estudios locales y una mayor contribución de datos por parte de la ciudadanía.

Con la expansión de las ciudades hay fragmentación de hábitats lo que lleva a declives en la biodiversidad de las ciudades que afectan a numerosos taxones donde los insectos terrestres son especialmente vulnerables (Fenoglio et al., 2021). La urbanización está fuertemente enlazada con una reducción de diversidad de artrópodos; sin embargo, las áreas urbanas pueden diferir sus niveles de diversidad de artrópodos ya que no todos los grupos de artrópodos parecen responder de forma negativa a la urbanización lo que sugiere la importancia de emplear acciones de conservación selectivas para cada taxón (Sanlloriente et al., 2025).

A pesar que la biodiversidad alcanza su punto máximo en zonas tropicales, las ciudades en estas zonas experimentan un declive incontrolado e indetenible que se ve empeorado por una baja capacidad de planificación para la conservación biológica (Fellowes et al., 2025).

1.1.2 Desequilibrios en la trama urbana: Plagas, resistencia y pérdida de biodiversidad en Guayaquil

No existe una base de datos que integre, limpie y homologue las señales ecológicas en comunidades de insectos. En consecuencia, las estrategias de control sanitario son ejecutadas sin criterios basados en evidencia; lo que puede llevar a la eliminación indiscriminada de especies no objetivo, afectando a insectos benéficos, bioindicadores y otras interacciones ecológicas que mantienen el equilibrio urbano.

Desde inicios de 2025 hasta noviembre de año 2025, la Dirección de Salud del Municipio de Guayaquil a través de la Jefatura de Control de Vectores, ha realizado acciones de fumigación, desratización y control de criaderos. Ha ayudado a más de 429 mil hogares urbanos y rurales de zonas estratégicas como Sauces, Alborada y otras zonas urbanas; alcanzando a más de dos millones de habitantes distribuidos en la ciudad (Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil, 2025a, 2025b).

Las especies de interés sanitario y urbano en Guayaquil, basado en reportes del INSPI (Instituto Nacional de Investigación en Salud Pública) tiene 3 vectores principales; *Aedes aegypti*, transmisor de Dengue, Zika y Chikungunya; *Culex quinquefasciatus*, mosquito común asociado a aguas servidas (común cerca del Estero Salado) y *Aedes albopictus*, especie invasora en expansión en la costa ecuatoriana. El INSPI sugiere que la susceptibilidad a este químico se ha perdido en gran parte de Guayas, esto sugiere que la fumigación no es selectiva ni efectiva en su totalidad. La fumigación espacial en campaña es realizada por camionetas y aunque solo elimina al mosquito adulto volando, su cobertura puede afectar a otros insectos. Dado que el

Aedes en Guayaquil se esconde dentro de las casas (endofilia), la fumigación intradomiciliaria sería más efectiva pero más costosa (Cedeño-García et al., 2025). A pesar que la fumigación intensiva en Ecuador sea efectiva sobre mosquitos adultos, estas causan desequilibrios ecológicos, eliminando fauna benéfica e incrementan resistencia a vectores urbanos (Aguilar et al., 2021).

Plagas coloquialmente conocidas como “cochinillas” (*Crypticerya multicastrices* y *Icerya purchasi*) causan infestaciones severas en el arbolado urbano de Guayaquil, destruyendo vegetación urbana (Arias de López et al., 2022). Un estudio realizado en áreas verdes de Guayaquil urbano y alrededores, concluyó que la fumigación no selectiva interrumpe el control biológico natural reduciendo poblaciones de enemigos naturales como crisópidos, mariquitas y avispa parasitoides; lo que promueve la expansión de especies resistentes como *Crypticerya multicastrices*. (Grimón et al., 2021). Adicionalmente, una investigación de Dávalos Delgado & Melchiade Muñoz (2018) sobre zoonosis en Guasmo Sur, menciona una reducción de insectos saprófitos y la alteración de comunidades de artrópodos resultado de las fumigaciones. Un estudio realizado en Ecuador, demuestra con datos empíricos, la pérdida rápida de mariposas y polillas; y su conexión a la urbanización descontrolada, uso generalizado de agroquímicos y presencia de especies exóticas (Gaona et al., 2021).

1.1.3 Flujo de trabajo para la depuración y análisis de datos de biodiversidad

La disponibilidad de bases de datos de acceso libre sobre biodiversidad como GBIF (Global Biodiversity Information Facility) y iNaturalist ha sido transformativo para el monitoreo ecológico a nivel global ya que proveen millones de registros de ocurrencias georreferenciadas mundialmente (Chamberlain et al., 2021). Sin embargo, datos brutos de biodiversidad pueden tener errores como duplicados, discordancias y geolocalizaciones incorrectas; haciendo que la depuración y estandarización sean cruciales para una inferencia ecológica creíble.

De acuerdo con Seebens et al. (2020) Darwin Core es un esquema de protocolos de estandarización aceptados que permiten el intercambio e integración consistente de datos de biodiversidad; que contienen campos como nombre científico, fecha, localidad y datos longitudinales. Este esquema facilita estudios ecológicos y garantiza la compatibilidad de diversos conjuntos de datos.

R Studio se ha vuelto una plataforma líder en informática de la biodiversidad en estos últimos tiempos, ofreciendo un conjunto de paquetes para la limpieza de datos, el análisis espacial y la visualización (Beck et al., 2021). Herramientas como *rgbif* permiten el acceso directo a los registros de GBIF, mientras que *dplyr* y *tidyr* se utilizan para limpiar y organizar conjuntos de datos (Chamberlain et al., 2021). Paquetes como *CoordinateCleaner* ayudan a eliminar coordenadas geográficas erróneas y *ggplot2* facilitan la representación gráfica de alta calidad de las tendencias de la biodiversidad, como lo indican estudios realizados por Ribeiro et al. (2022) y Rathod et al. (2023). La integración de datos abiertos con flujo de trabajo R garantiza transparencia y reproductibilidad.

1.2 Descripción del Problema

En el entorno urbano de Guayaquil no se cuenta con información detallada y sistematizada sobre la diversidad ni la distribución espacio-temporal de insectos. La falta de una base de datos curada y estandarizada presenta un vacío revelador en términos de monitoreo ambiental, gestión de la biodiversidad urbana y control de vectores.

Este problema se vuelve alarmante en zonas con vegetación remanente o áreas ecológicamente sensibles. Según Ali & Winter- Reece (2025), el enfoque basado en análisis de datos de acceso abierto y geoespaciales, permite identificar patrones relevantes que asistirán a la propuesta de modelos predictivos para detección temprana de vectores y plagas en entornos tropicales.

De acuerdo con Schigel et al. (2020), el uso de registros abiertos de biodiversidad, como las plataformas GBIF o iNaturalist permiten realizar análisis reproducibles después de ser curados y estandarizados para evitar sesgos. Entre las variables de interés están riqueza de especies, distribución geográfica, patrones temporales y distribución espacial dentro del entorno urbano.

El enfoque actual y su susceptibilidad, de ser tratado mediante técnicas de análisis de datos, visualización geográfica y modelado con R Studio, incrementa su aplicabilidad en políticas públicas y planificación urbana. El interés es amplio y puede incluir desde organismos como la Dirección de Ambiente del Municipio de Guayaquil hasta entidades académicas, centro de monitoreo de plagas o empresas de control sanitario.

1.3 Justificación del Problema

Resolver este problema es imperativo para mejorar la comprensión de los sistemas ecológicos en Guayaquil urbano, una zona densamente poblada, con continuo desarrollo urbano, fortalecer la gestión de riesgos ambientales y sanitarios.

La importancia del proyecto radica en su capacidad de generar una base de datos curada y estandarizada que analice la riqueza, patrones temporales y patrones temporales, evitando inconsistencias.

La información obtenida llevará a una toma de decisiones informadas por parte de las entidades públicas, que implica un uso más consciente y eficiente de medidas de sanitización. Fortalecerá la educación ambiental, conservación urbana y diseño responsable de ciudades resilientes y sostenibles con orientación científica.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Analizar la diversidad espacial y temporal de los insectos en Guayaquil urbano mediante uso de base de datos abiertas para detección de variaciones relevantes que podrían estar asociados a estacionalidad y distribución observada.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Estandarizar registros de ocurrencia de insectos de Guayaquil urbano utilizando los protocolos Darwin Core.
2. Examinar el esfuerzo de muestreo y caracterizar los patrones temporales y espaciales de los registros.
3. Evaluar la relación entre la composición de insectos y variables urbanas.

1.5 Marco teórico

1.5.1 La necesidad de un enfoque basado en datos y ecosistemas en Guayaquil

Las estrategias de control de plagas en la ciudad son con frecuencia implementadas sin datos de línea base sobre la distribución lo que hace que las disrupciones ecológicas tengan alto riesgo (Narváez et al., 2020). Ante la falta de un marco legal estandarizado sobre la relación entre la acción humana y el recurso natural, se han abierto paso interpretaciones subjetivas e

implementaciones variables que perturban el reconocimiento de los Derechos Constitucionales de la Naturaleza reconocidos por Ecuador en 2008 (Guayasamín et al., 2021).

La falta de una base de datos de insectos podría suponer un riesgo para proyectos futuros en que los insectos jueguen un rol principal. Una idea en desarrollo por años es la agricultura urbana en Guayaquil, impulsado por la municipalidad y organizaciones con el fin de alcanzar un nivel más avanzado de autosuficiencia alimentaria, promover sostenibilidad y convivencia; recientemente el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) desarrolló políticas a largo plazo (2025 al 2034) para el fortalecimiento de la agricultura urbana y periurbana. Los “Huertos Urbanos Guayaquil” es una iniciativa activa, documentada por la Empresa Pública Municipal de Acción Social y Educación (DASE), que fortalece los huertos familiares y comunitarios. Este proyecto de la “Dirección General de Vinculación con la Comunidad” bajo la municipalidad de Guayaquil busca reafirmar el bienestar comunitario y suficiencia alimentaria.

Se puede crear protocolos para salvaguardar los cultivos de este tipo de proyectos si se cuenta con información de calidad sobre la presencia de plagas o insectos benéficos.

1.5.2 Evidencia regional

Nuñez-Penichet et al. (2021) realizaron un análisis espacial de la diversidad de lepidópteros en Loja, Ecuador, utilizando métricas del paisaje y registros de ciencia ciudadana. Gaona et al., (2021) reportaron disminuciones drásticas en las poblaciones de polillas en gradientes urbanizados del sur de Ecuador. Las modificaciones en hábitos alimenticios, dominancia de especie y otras dinámicas, pueden verse afectadas con el proceso de colonización urbana; específicamente, la programación de uso de insecticidas ha tenido influencia en comunidades de hormigas en Guayaquil (Narváez et al., 2020). Estos estudios enfatizan la urgencia del monitoreo sistemático de insectos en ciudades en transición ecológica.

Entre los desafíos alarmantes de la rápida expansión urbana en Guayaquil, están las islas de calor que causan desequilibrio ecológico (W. Velasquez et al., 2024). Sanlloriente et al., (2025) destacan que la mayoría de los estudios sobre biodiversidad urbana en Latinoamérica siguen siendo descriptivos y carecen de protocolos estandarizados, lo que limita su generalización. En Ecuador los estudios de biodiversidad se centran mayormente en áreas naturales protegidas, mientras que los estudios en áreas semiurbanas o urbanas son limitados (Nuñez-Penichet et al., 2021).

1.5.3 Datos abiertos de ciencia ciudadana: sesgos y estandarización

Los datos abiertos son clave para enfrentar la crisis de biodiversidad y responder preguntas ecológicas fundamentales. Callaghan et al. (2020) en su trabajo “Three frontiers for the Future of Biodiversity Research Using Citizen Science Data” resalta formas en que los estudios científicos pueden usar ciencia ciudadana a pesar de sus limitaciones y sesgos para transformar la investigación de biodiversidad, resaltando que estos datos poseen una oportunidad estratégica bajo tres fronteras de impacto: registrar más allá de los límites de alcance de los científicos, registrar patrones de ausencias interpretables en el espacio-tiempo y registrar información secundaria valiosa bajo diferentes formatos. A pesar de que los datos de ciencia ciudadana sean efectivos para cubrir vacíos geográficos, la evaluación de sesgos es un paso obligatorio antes de interpretar ecología. El estudio de Melis et al. (2025) proporciona contexto sobre los tipos de sesgos que se pueden encontrar en este tipo de datos; factores como densidad de carreras o complejidad topográfica juegan un papel principal en la aparición de sesgos espaciales, taxonómicos y temporales.

Ante el volumen de información de plataformas como GBIF, nace la necesidad de formatos comunes que permitan el procesamiento de datos bajo una estructura coherente y Darwin Core es un elemento clave para asegurar integración y calidad (Isaac et al., 2020).

En datos de ciencia ciudadana es necesario cuantificar el esfuerzo de muestreo para hacer estimaciones robustas de diversidad utilizando técnicas de rarefacción y extrapolación. Chao et al. (2023) sostiene que es importante controlar la totalidad del muestreo para que la diversidad refleje la variación en la composición de especies cuando se trabaja con diferentes conjuntos de registros. Para estandarizar el esfuerzo de muestreo (rarefacción), se toman submuestras aleatorias del grupo con más registros para igualar el tamaño del grupo con menos registros (Callaghan et al. 2020).

En un estudio que analizó la distribución de mamíferos marinos en Alaska usando datos de ciencia ciudadana con desigualdad de esfuerzo de observación, se usó un método de ajuste de proporción. Se buscó hacer un ajuste poco conservador para cuantificar el esfuerzo de muestreo a grandes volúmenes de datos usando algoritmos de computación (Ver Hoef et al., 2021).

Capítulo 2

2. Metodología

2.1 Estandarización de registros

2.1.2 Delimitación de área de estudio

La selección de datos se limitó a registros: dentro del polígono de Guayaquil urbano, con coordenadas geográficas válidas, fechados entre 2000 y 2025, registrados como especies del filo Arthropoda clase Insecta. La delimitación de los datos de Guayaquil urbano fue basada en un polígono cuyo filtro espacial partió de un *shapefile* base. Para su uso directo, se generó una geometría simplificada en QGIS (herramienta *Simplify geometry*), basado en esta se delineó manualmente.

Figura 1

Polígono del área de estudio



Nota. Polígono del área de estudio, hecho en QGIS.

2.1.3 Adquisición de datos GBIF

Se descargó los datos desde Global Biodiversity Information Facility (GBIF) en formato TSV (simple tab-separated values), con un total de 11 386 registros provenientes de 10 *datasets* publicados. El conjunto descargado fue identificado y citado mediante el DOI asignado por GBIF (GBIF.org, 2026; <https://doi.org/10.15468/dl.6h4x5n>). Los datos de ocurrencia fueron descargados con campos compatibles con Darwin Core; es decir, organizados en categorías como evento (fecha y lugar), taxón (nombre científico), ocurrencia (individuo) y localización (coordenadas).

2.1.4 Software, paquetes y funciones

Se usó R Studio versión 4.5.1 (R Core Team, 2025; Posit Team, 2025). El archivo fue importado y procesado mediante *read.delim()/readr::read_tsv()* para su limpieza, estandarización y análisis espacio-temporal. Se confirmó el esquema Darwin Core: *scientificName*, *eventDate*, *decimalLatitude*, *decimalLongitude* y *basisOfRecord*.

Para realizar análisis temporales y de estacionalidad fue necesario normalizar los registros a fechas en formato ISO 8601 (AAAA-MM-DD) a partir de campos del campo *eventDate* de Darwin Core. Se siguió las recomendaciones de interoperabilidad (International Organization for Standardization, 2019; TDWG, s. f.; GBIF, s. f.). Posteriormente, se creó variables para año y mes del campo *eventDate* para ser usadas en los análisis estacionales (Grolemund & Wickham, 2011; Wickham et al., 2019).

Se interpretó los gráficos usando estadística descriptiva mediante las funciones *cor()* para correlaciones, *summary()* para rangos y distribuciones; *median()* para mediana por grupo y *quantile()* para cuantiles e Intervalos de Confianza (IC). Paquetes principales usados:

- *Sf* para geometría, grilla y mapas (Pebesma, 2018). Funciones: *st_makegrid*, *st_join* y *st_transform*.
- *ggplot2* para gráficas y mapas (Wickham, 2016).
 - *geom_point()* para gráficos de dispersión, *geom_smooth(method="lm")* para tendencias lineales, *geom_boxplot()* para gráficos de proximidad a cuerpos de agua o áreas verdes.
- *dplyr* para limpieza, resúmenes, *group_by/summarise* (Wickham et al., 2023).
 - *is.na()* para detección de valores NA, *duplicated()* y *anyDuplicated* para detectar duplicados; finalmente, se usó *distinct()* para eliminar duplicados por ID o combinación de columnas. Se removió ocurrencias que tenían valores NA para

los campos de latitud y longitud; ya que, sin estos datos los registros de esas especies eran inservibles para mapas y análisis de riqueza.

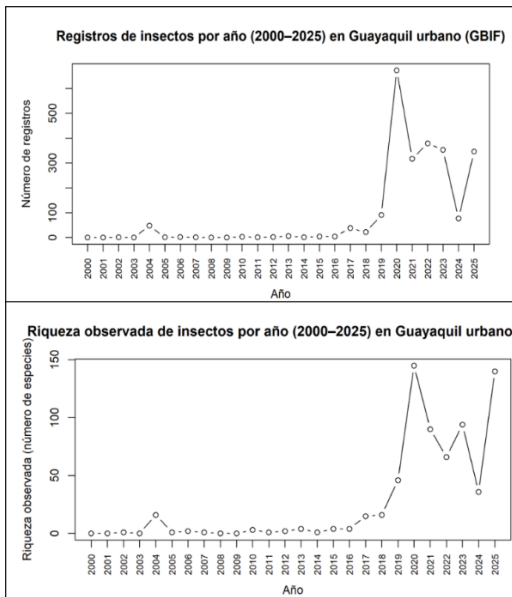
- Se convirtió las coordenadas en texto a valores numéricos, se filtró coordenadas fuera de rango (latitud entre -90 a 90 y longitud entre -180 a 180) y coordenadas 0,0 por defecto.
- *osmdata* para descargar agua/ parques/ edificios de *OpenStreetMap* (Padgham et al., 2017; *OpenStreetMap* contributors, 2026). Funciones: *opq*, *osmdata_sf* y *st_distance*.
 - *Opq(bbox=...)* para construir consulta OSM por caja delimitadora, *add_osm_feature()* para filtrar por atributos como agua y áreas verdes; y *osmdata_sf()* para descargar OSM como objetos sf.

2.1.5 Diagnostico de sesgos

Se realizó los primeros diagnósticos con gráficos de número de registros, riqueza observada usando los datos crudos. Adicionalmente se visualizó el top 10 de especies y órdenes más registrados para encontrar tendencias.

Figura 2

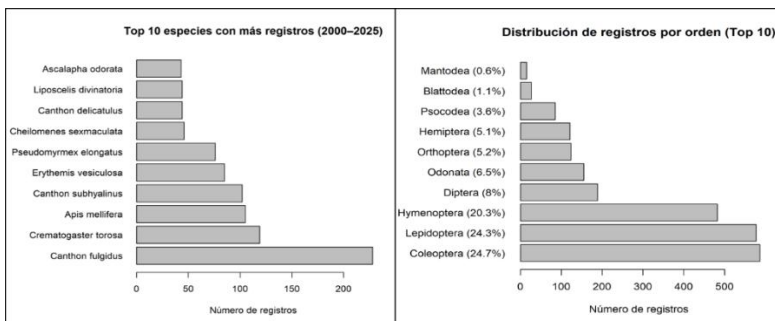
Registros y riqueza por año



Nota. Número de registros y riqueza observada anual desde 2000, sin ninguna estandarización.

Figura 3

Top 10 especies y órdenes

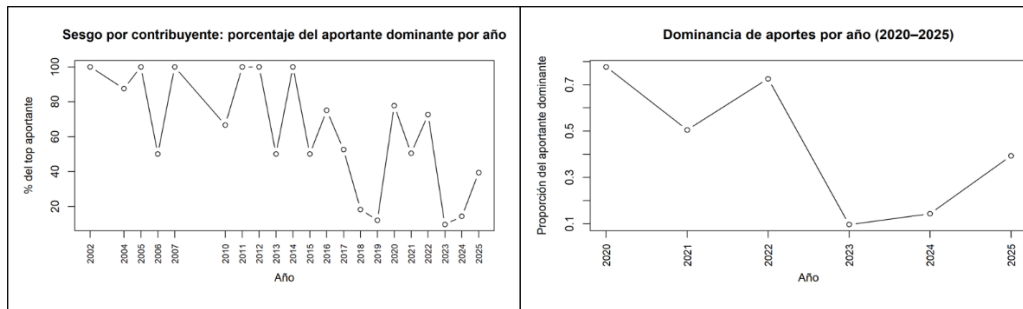


Nota. Especies y órdenes más registrados.

Se graficó el número de aportantes, usuarios que han aportado a la base de datos con registros que ellos mismos subieron. Se graficó la dominancia que tuvo el “aportante” o “contribuyente” mayor, dentro de cada año, al total de registros. Fue importante medir la contribución de estos usuarios para identificar sesgos por esfuerzo de muestreo.

Figura 4

Diagnóstico de aportantes



Nota. Dominancia de aportantes por año 2000-2025 y visión cercana, 2020-2025. Se graficó el porcentaje del aportante dominante por año para comparar el esfuerzo de registros de cada aportante dominante.

Tabla 1

Tabla de aportantes

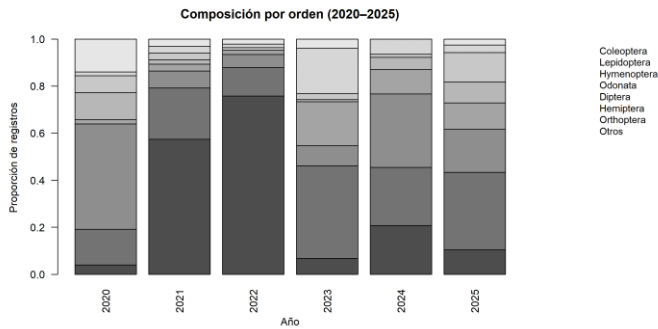
Año	Registros	Aportantes	Porcentaje de dominancia
2020	673	43	77.7
2021	317	33	50.5
2022	379	31	72.6
2023	353	92	9.6
2024	77	38	14.3
2025	346	70	39.3

Nota. Tabla de dominancia de aportantes y su porcentaje de dominancia.

Se graficó la composición de órdenes por año para visualizar tendencias temporales de acuerdo con la proporción de registros. También, se identificó el porcentaje de registros de 2023 vs 2022 vs 2023 por orden. Esto facilitó la identificación de cambios en biodiversidad y la estructura del ecosistema usando los datos crudos.

Figura 5

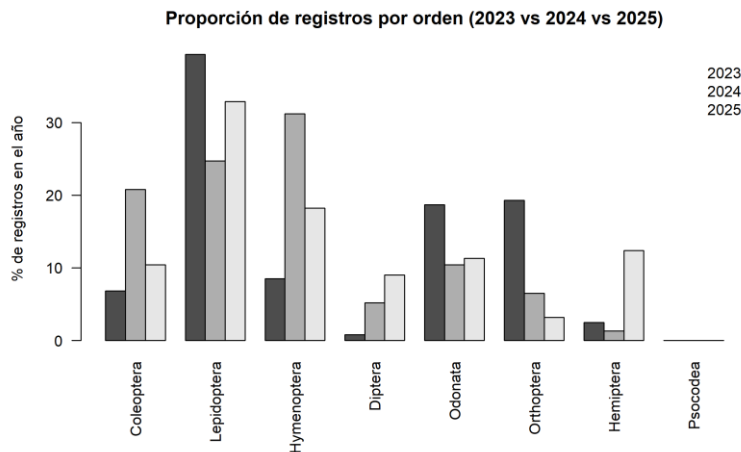
Composición por orden



Nota. Se graficó la composición por orden por medio de la proporción de registros de los últimos cinco años.

Figura 6

Proporción de registros por orden (2023 vs 2024 vs 2025)



Nota. Se graficó la proporción de registros por orden para ver el interés de órdenes (posibles datos sesgados) en los últimos tres años.

2.2 Análisis temporal bajo rarefacción

Los cambios detectados en el número de ocurrencias son resultado de variaciones en el patrón de registro y distribución observada; en este tipo de datos, la detección es imperfecta y heterogénea (Bowler et al., 2025).

Se usó un intervalo empírico del 95% usando percentiles 2.5% - 97.5%. Este intervalo de confianza por rarefacción fue resultado de un cálculo de intervalo basado en el método de percentiles, análogo al procedimiento de “Percentile Bootstrap” empleado en la estimación de intervalos de confianza para parámetros de distribuciones (Panichkitkosolkul et al., 2024), pero aplicado sobre submuestras sin reemplazo derivadas de la rarefacción.

2.2.1 Comparaciones con ventanas para los últimos cinco años

Se utilizó un enfoque basado en tamaño muestral implementado en herramientas estándar de ecología de comunidades R visto en estudios de Chao et al. (2014) y Hsieh et al. (2025). El tamaño muestral N fue el mínimo de registros al establecer dos ventanas temporales. Se analizó la riqueza comparando las ventanas temporales: 2020 – 2022 vs 2023 – 2025 y se estandarizó por “esfuerzo de muestreo” mediante igualación del tamaño de la muestra (N=776).

Tabla 2

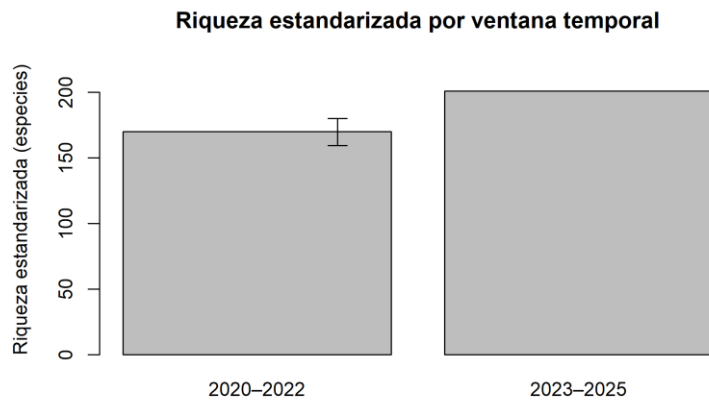
Número de registros por ventana

Ventana	Registros
2020 - 2022	1594
2023 - 2025	776

Nota. Se buscó el número total de registros por ventana para determinar N.

Figura 7

Riqueza estandarizada



Nota. Se creó una tabla con los resultados de riqueza estandarizada para determinar robustez.

Tabla 3

Tabla de riqueza estandarizada por ventanas

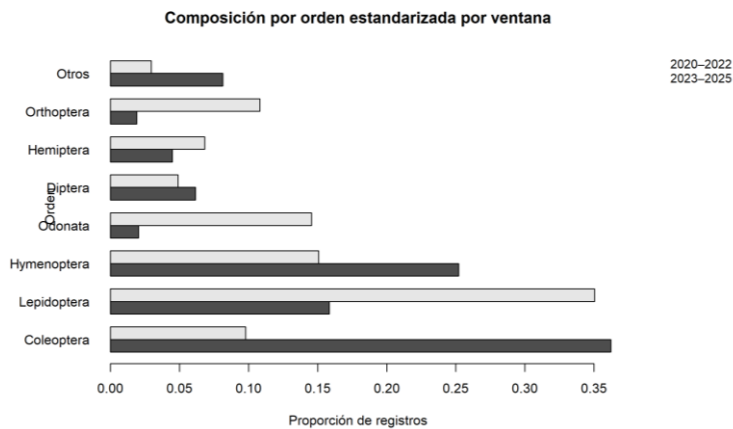
Ventana	N Submuestra	Riqueza Media	Riqueza Percentil 2.5%	Riqueza Percentil 97.5%.
2020 - 2022	776	187.28	173.975	200.025
2023 - 2025	776	201	201	201

Nota. Se creó una tabla de riqueza estandarizada por ventanas.

Se obtuvo el cálculo de proporciones por orden (distribución empírica de las proporciones) en cada repetición luego de calcular la proporción promedio y un intervalo empírico. Con 2023–2025: proporción “observada” a N (sin remuestreo real) y 2020–2022: proporción estandarizada por submuestreo a N (con incertidumbre por remuestreo).

Figura 8

Proporción por orden estandarizada



Nota. Comparación por orden estandarizada por ventana.

2.2.2 Comparaciones de sesgo de dominancia para los últimos tres años

Según Díaz-Calafat et al. (2024), al manejar datos de plataformas participativas hay sesgos relacionados al comportamiento de los contribuyentes y su aporte en diferentes grupos con distinto nivel de contribuciones.

Pocock et al. (2023), en su estudio con datos de ciencia ciudadana, caracterizó el comportamiento de los contribuyentes por medio de la creación de subconjuntos sesgados y los compara con subconjuntos aleatorios. Se caracterizó el comportamiento de los contribuyentes identificando el sesgo de dominancia. Para 2025 se tomó en cuenta tres escenarios: datos completos, sin incluir los registros del aportante dominante y bajo límite máximo de registros por aportante. Se usó el tamaño mínimo de muestra de los últimos tres años para la rarefacción.

Tabla 4

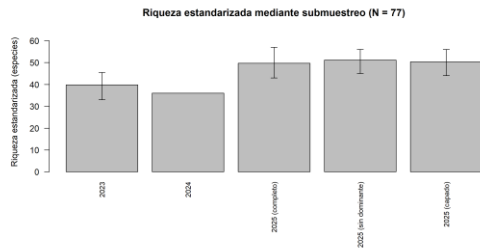
Tabla de número de registros por año

Año	Registros	Aportantes	Porcentaje de dominancia	Riqueza Observada
2023	353	92	9.6	94
2024	77	38	14.3	36
2025	346	70	39.3	140

Nota. Se creó una tabla con la riqueza observada y los sesgos de los tres últimos años, anteriormente señalados para visualizar $N = 77$.

Figura 9

Riqueza estandarizada (comparación 2023–2024–2025 por escenarios)



Nota. Gráfico de riqueza estandarizada de los últimos tres años.

Tabla 5

Tabla de riqueza estandarizada

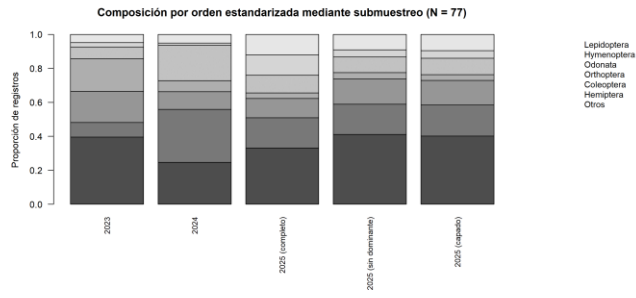
Grupo	N Submuestra	Riqueza media	Riqueza Percentil 2.5%	Riqueza Percentil 97.5%.
2023	77	39.8	33	45.525
2024	77	36	36	36
2025 (completo)	77	49.68	43	57
2025 (sin dominante)	77	51.168	45	56
2025 (capado)	77	50.312	44	56

Nota. Se creó una tabla con los resultados de riqueza estandarizada para determinar robustez y comportamiento de contribuyente.

Para visualizar la composición de órdenes se generó un submuestreo repetido distribuciones de las proporciones por orden estandarizadas y a partir de las distribuciones se calcularon medias e intervalos empíricos.

Figura 10

Proporción por orden estandarizada (2023–2025 por escenarios)



Nota. Gráfico de la composición por orden estandarizada.

Tabla 6

Tabla de proporción por orden estandarizado

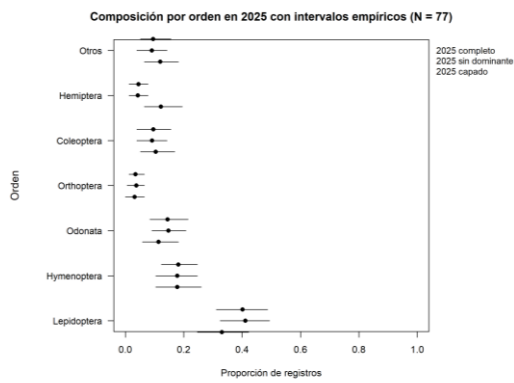
Grupo	Orden	Proporción media	Proporción Percentil 2.5%	Proporción Percentil 97.5%.
2023	Lepidoptera	0.39503896	0.28571429	0.49350649
2023	Hymenoptera	0.0861039	0.03896104	0.14285714
2023	Odonata	0.1841039	0.1038961	0.25974026
2023	Orthoptera	0.19218182	0.11688312	0.27272727
2023	Coleoptera	0.06885714	0.02597403	0.11688312
2023	Hemiptera	0.02493506	0	0.06493506
2023	Otros	0.04877922	0.01298701	0.09090909
2024	Lepidoptera	0.24675325	0.24675325	0.24675325
2024	Hymenoptera	0.31168831	0.31168831	0.31168831
2024	Odonata	0.1038961	0.1038961	0.1038961
2024	Orthoptera	0.06493506	0.06493506	0.06493506
2024	Coleoptera	0.20779221	0.20779221	0.20779221
2024	Hemiptera	0.01298701	0.01298701	0.01298701
2024	Otros	0.05194805	0.05194805	0.05194805
2025 (completo)	Lepidoptera	0.33103896	0.24675325	0.4224026
2025 (completo)	Hymenoptera	0.17776623	0.1038961	0.25974026
2025 (completo)	Odonata	0.11381818	0.05811688	0.18181818
2025 (completo)	Orthoptera	0.03194805	0	0.06493506
2025 (completo)	Coleoptera	0.10394805	0.05194805	0.16883117
2025 (completo)	Hemiptera	0.12181818	0.06493506	0.19480519
2025 (completo)	Otros	0.11966234	0.06493506	0.18181818
2025 (sin dominante)	Lepidoptera	0.41122078	0.32467532	0.49350649
2025 (sin dominante)	Hymenoptera	0.17763636	0.1038961	0.24675325
2025 (sin dominante)	Odonata	0.14794805	0.09090909	0.20779221
2025 (sin dominante)	Orthoptera	0.03763636	0.00616883	0.06493506
2025 (sin dominante)	Coleoptera	0.09166234	0.03896104	0.14285714
2025 (sin dominante)	Hemiptera	0.04285714	0.01298701	0.07792208
2025 (sin dominante)	Otros	0.09103896	0.03896104	0.14285714
2025 (capado)	Lepidoptera	0.40176623	0.31168831	0.48733766
2025 (capado)	Hymenoptera	0.18176623	0.12305195	0.24675325
2025 (capado)	Odonata	0.14493506	0.08409091	0.21461039
2025 (capado)	Orthoptera	0.03467532	0.01298701	0.06493506
2025 (capado)	Coleoptera	0.09592208	0.03896104	0.15584416
2025 (capado)	Hemiptera	0.04527273	0.01298701	0.07792208

2025 (capado)	Otros	0.09566234	0.05194805	0.15584416
---------------	-------	------------	------------	------------

Nota. Se creó una tabla para visualizar los datos de la proporción media y el IC para composición por orden.

Figura 11

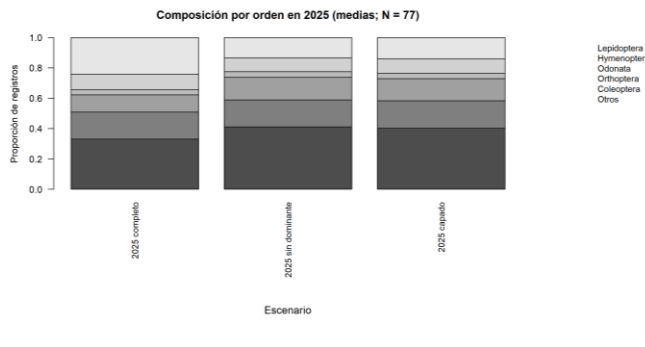
Gráfico de barras con intervalos de error (composición por orden en 2025 por escenarios)



Nota. Se visualizó la composición de ordenes en 2025 bajo los tres escenarios.

Figura 12

Gráficos apilados de proporciones promedio (réplicas de submuestreo)



Nota. Se mostró la variabilidad entre réplicas de submuestreo.

2.3 Análisis espaciales

2.3.1 Visión general: riqueza y esfuerzo

Para evaluar la calidad espacial se consideró el campo *coordinateUncertaintyInMeters*. Este campo se define como la distancia horizontal en metros alrededor de las coordenadas reportadas que contiene completamente la ubicación y se recomienda dejarlo vacío cuando la incertidumbre es desconocida o NA (No aplicable) (Darwin Core Maintenance Group, 2023).

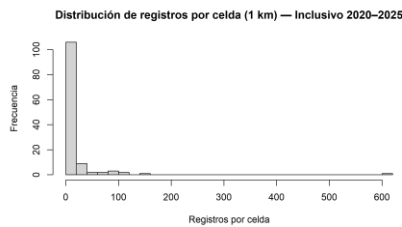
Se analizó dos escenarios; mantener valores faltantes (NA) evitando perder registros potencialmente válidos y utilizar filtros estrictos que mejoren la precisión, pero con una reducción drástica del tamaño muestral (Global Biodiversity Information Facility, 2021; Global Biodiversity Information Facility, 2021/2022).

Siguiendo las recomendaciones operativas comunes de Global Biodiversity Information Facility, 2021 para filtrar incertidumbre cuando se requiere una escala fina se implementó un análisis paralelo de sensibilidad. Según Van Eupen et al. (2021), un contraste Inclusivo vs Estricto es evidencia metodológica para distinguir visualmente entre patrones dominados por metadatos faltantes y señales espaciales persistentes ante criterios estrictos, aportando un patrón espacial más confiable. Se estableció dos versiones que evidencie el efecto entre calidad y tamaño de muestra: Inclusivo, que retiene valores faltantes (NA) y excluye únicamente datos extremos; y Estricto, que conserva solo registros con incertidumbre reportada y restringe a ≤ 1 km.

Se usó una grilla de 1 km² para que la evaluación sea explícita evitando inferir patrones espaciales o temporales, como se lo menciona en estudios de Boyd et al. (2021) y Callaghan et al. (2022). Bajo estos criterios se graficó la riqueza y esfuerzo. Adicionalmente, se determinó los registros dentro de cada celda de muestreo para evaluar sesgos.

Figura 13

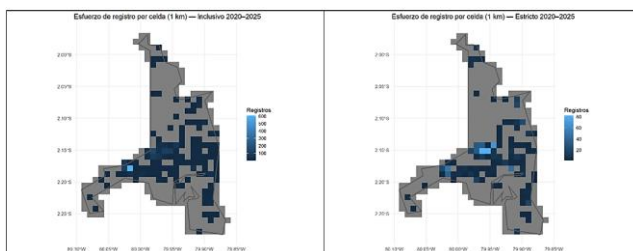
Histograma de diagnóstico para esfuerzo de muestreo (inclusivo)



Nota. Se determinó el número de registros en cada celda.

Figura 14

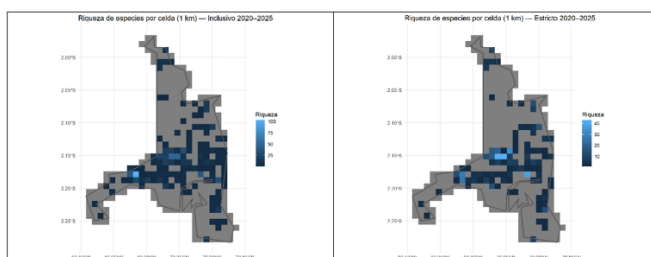
Mapa base de esfuerzo de registro por celda (1 km): inclusivo y estricto (2020-2025)



Nota. Se graficó el esfuerzo de registros por celda (2020-2025).

Figura 15

Mapa base de riqueza por celda (1 km): inclusivo y estricto (2020-2025)



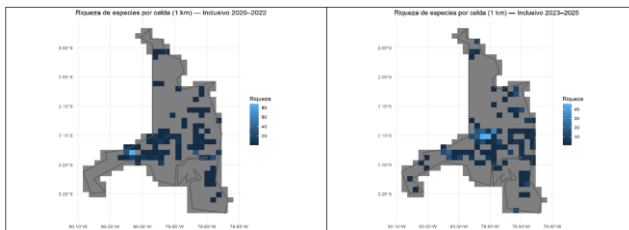
Nota. Se graficó la riqueza de registros por celda (2020-2025).

Kays et al. (2021) explica que un enfoque de umbrales mínimos ayudaría a evitar interpretaciones basadas en celdas submuestreadas; por lo que se aplicó un umbral mínimo $\text{min}_n=10$. Además, cuando se trabaja con celdas de tamaño distinto pueden emerger sesgos en

los mapas de diversidad y composición (Callaghan et al., 2022). Se graficó las ventanas 2020-2022 y 2023-2025 para determinar cambios espacio-temporales de muestreos y riqueza. Asimismo, se graficó un mapa de proporción de Odonata de los últimos cinco años.

Figura 16

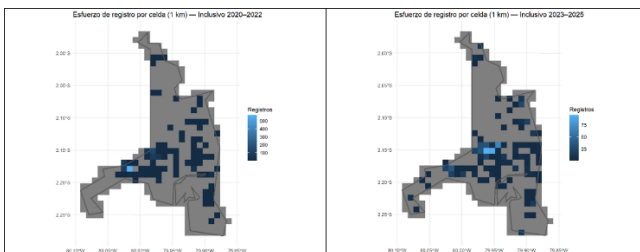
Mapa de riqueza por celda por ventanas 2020-2022 y 2023-2025



Nota. Se graficó la riqueza por ventanas.

Figura 17

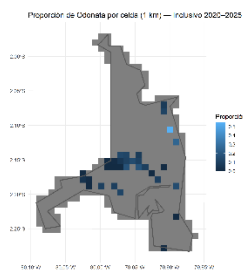
Mapa de esfuerzo de registro por celda por ventanas 2020-2022 y 2023-2025



Nota. Se graficó el esfuerzo por ventanas.

Figura 18

Mapa de proporción de Odonata por celda (1 km) (inclusivo) 2020-2025



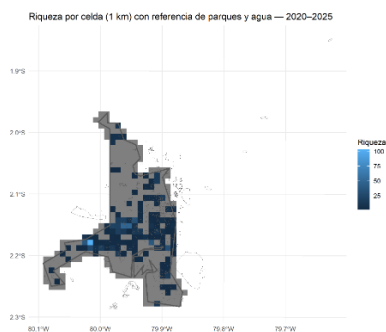
Nota. Se graficó la proporción de Odonata por celda.

2.3.2 Variables urbanas: composición de insectos

Se implementó *proxies* para comparaciones urbanas y se graficó la riqueza de acuerdo a su proximidad a áreas verdes como parques o cuerpos de agua usando un *proxy* de urbanidad de *OpenStreetMap* (OSM).

Figura 19

Mapa de riqueza con referencia de parques y agua de 2020-2025



Nota. Se graficó la riqueza por celda con referencia a parques y agua.

Se graficó la proporción de Odonata a cuerpos de agua aplicando el mínimo de registros para determinar asociación y se graficó la riqueza con referencia al aportante dominante por celda para identificar sesgos. Para evaluar la proximidad a cuerpos de agua se estableció umbrales prácticos.

- Cerca de agua: Las ubicaciones están a 500 metros o menos de una fuente de agua.
- Lejos: Las ubicaciones están a más de 1750 metros.

Tabla 7

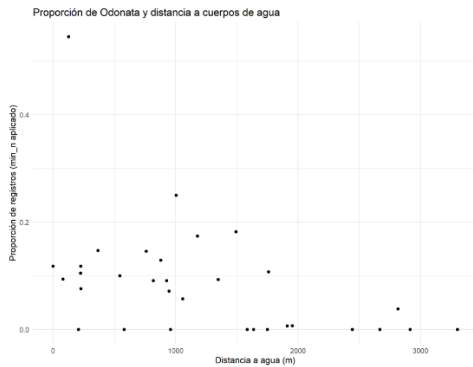
Tabla comparativa de proximidad por gradiente de agua

Grupos	Celdas	Registros Totales	Registros Mediana	Riqueza Media	Riqueza Mediana	Proporción Media Odonata	Dominancia Media
Cerca	26	383	5	9.15384615	4	0.15025962	0.68049353
Lejos	32	1187	2	8.125	2	0.01764677	0.84049565

Nota. Se estableció una tabla comparativa para la riqueza.

Figura 20

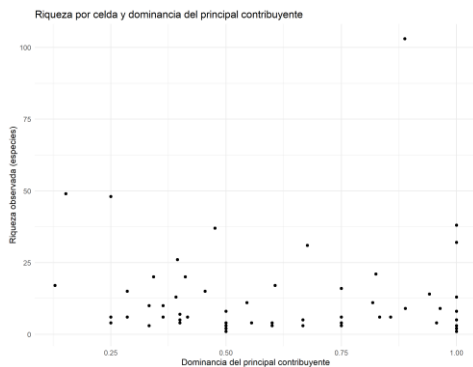
Gráfico de proporción de Odonata con referencia a cuerpos de agua



Nota. Se confirmó la proporción de Odonata a cuerpos de agua.

Figura 21

Mapa de hotspots de riqueza con referencia a dominancia del top aportante

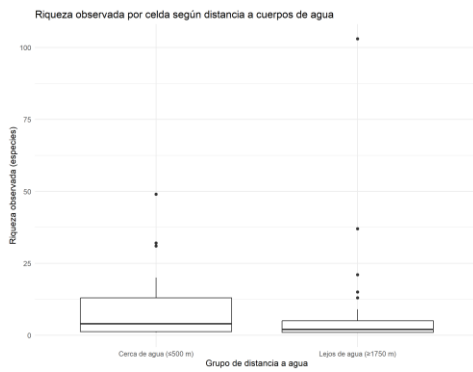


Nota. Se confirmó la riqueza y posibles rutas de observador.

Se visualizó rápidamente la distribución de Odonata y la riqueza con referencia a cuerpos de agua para identificar valores atípicos y confirmar variabilidad.

Figura 22

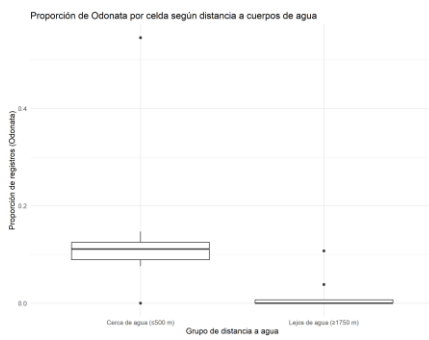
Boxplot de riqueza observada por celda según distancia a cuerpos de agua



Nota. Se confirmó la riqueza y su relación con cercanía al agua.

Figura 23

Boxplot de proporción de Odonata por celda según distancia a cuerpos de agua



Nota. Se confirmó la proporción de Odonata y su relación con cercanía al agua.

Capítulo 3

3. Resultados y análisis

3.1 Diagnóstico de sesgos

La delimitación espacial del estudio se estableció mediante un polígono correspondiente a Guayaquil Urbano (Figura 1). Se buscó patrones o errores que podrían alterar la interpretación de riqueza observada en la base de datos descargada.

4.1.1 *Sesgo por falta de registros*

Es posible observar años con cero registros en GBIF lo que es congruente con una fase de desarrollo y consolidación, tanto de la plataforma como de la ciencia ciudadana; es evidente que el mejor año para analizar datos es a partir de 2020. En los últimos cinco años, el 2024 cuenta con el número más bajo de registros, evidenciando sesgo por número de registros. La riqueza observada anual capta cambios en 2021, 2023 y 2025 que son inconsistentes con el número de registros de cada año; la falta de correlación indica algún tipo de sesgo (Figura 2).

Al identificar especies dominantes en el conjunto de datos y su variación en el tiempo se puede observar el interés en *Canthon fulgidus* contando con más de 200 registros. A nivel taxonómico, la distribución de registros por orden muestra que Coleoptera y lepidóptera fueron los órdenes que concentran la mayor proporción (figura 3).

4.1.2 *Sesgo por dominancia de aportantes*

El número de aportantes a través de los años no fue constante y se evidenció un aumento de aportantes en el 2023. Se comparó los aportantes por año con la dominancia del aportante principal y se descubrió una mayor dominancia en 2020, implicando un posible sesgo (Figura 4). Como los datos desde 2020 cuentan con volumen suficiente y continuidad, se evaluó a más detalle el posible sesgo, resultando en un sesgo por dominancia de aportantes no solo en 2023 sino también en 2021 y 2022. Una síntesis numérica con el porcentaje de aporte del 2020 al 2025 (Tabla 1) reveló que el 2020, 2021 y 2022 cuentan con 77.7%, 50.5% y 72.6% respectivamente.

Según esta tabla de aportantes, 2025 posee un alto índice de esfuerzo de muestreo y una alta dominancia de un aportante particular, presentando un fuerte sesgo de contribución.

4.1.3 Sesgo por esfuerzo y preferencias de muestreo

A partir de la evidencia de sesgos en el periodo histórico, se examinó el comportamiento de la composición taxonómica en el periodo reciente (2020-2025) y se realizó comparaciones entre 2023-2025. La proporción registrada mostró una variación interanual con dominancia en ciertos órdenes, lo que hace visible un interés de otros órdenes entre 2021-2022 y un cambio irregular entre 2020-2021 y 2023-2025 (Figura 5). En 2023 hubo dominancia de Lepidóptera, sin embargo, fue desplazada a segundo lugar en 2024 por el aumento de Hymenoptera y Coleoptera; finalmente, recuperó dominancia en 2025 junto a un incremento de Hemíptera (Figura 6). Este patrón se atribuye a cambios en el esfuerzo de muestreo y preferencias taxonómicas de los observadores, más que a variaciones ecológicas reales.

3.2 Análisis temporales

Dado que no son estimaciones directas de abundancia poblacional porque son datos provenientes de observaciones, es importante desafiar la estabilidad y fiabilidad de los datos para estar seguros de su validez incluso bajo variaciones e irregularidades. Para que el análisis sea más robusto se incorporó un enfoque de sensibilidad al esfuerzo de muestreo.

Para reducir el efecto de variaciones de esfuerzo de muestreo y la contribución dominante, se implementó una metodología basada en submuestreo sin reemplazo N (tamaño de muestra). Esto permitió comparaciones directas e imparciales entre los años.

3.2.1 Comparación de la riqueza y composición por ventanas temporales

Como se trabajó con escalas urbanas extensas y con baja densidad de registros tras limpieza, se compararon dos ventanas temporales (2020-2022 y 2023-2025) para obtener robustez frente a sesgos y vacíos de los muestreos. El número total de registros por ventana y la determinación de

N se presentan en la Tabla 2. Para evaluar la riqueza estandarizada se redujo la variabilidad interanual por medio de la comparación de datos heterogéneos. Fue visible que la riqueza estandarizada es mayor en la ventana de 2023-2025 (Tabla 3). Se observa un IC en 2020-2022 porque la ventana 2023-2025 tiene exactamente N, por lo que no hay variabilidad por remuestreo (Figura 7).

Para comparar composición taxonómica a nivel de orden evitando que diferencias de N dominen las proporciones, se realizó un submuestreo repetido sin reemplazo a ese mismo N=776 a manera de estabilizar la disposición de datos. En la proporción por orden estandarizada, Coleoptera e Hymenoptera dominan 2023-2025 y para 2020-2021 domina Lepidóptera. Después de hacer la estandarización, la estructura taxonómica dominante cambió (Figura 8).

3.2.2 Sensibilidad de la riqueza y composición a la dominancia de aportantes

Cuando se trabaja con base de datos de biodiversidad oportunista es importante tomar en cuenta el proceso de observación. Según la tabla de aportantes (Tabla 1) obtenida para los últimos cinco años, 2020 cuenta con 77.7% de dominancia con un contribuyente y el 2023 cuenta con un máximo de 9.6% de dominancia por un contribuyente. Entonces, se usó los tres últimos años, donde los datos son más estables y la dominancia está más distribuida, para analizar la sensibilidad a la dominancia de contribuyentes.

Para analizar la riqueza bajo sensibilidad de dominancia de los tres últimos años se comparó 2023, 2024. Según la tabla de aportantes, el número mínimo de registros para los tres últimos años fue 2024 con 77, por lo que $N = 77$. Se estandarizó el esfuerzo de muestreo mediante un submuestreo (Tabla 4) sin reemplazo a N. La riqueza media estandarizada de 2025 fue alrededor de 50 especies, en 2023 alrededor de 39 y 2024 contó con 36 especies (Tabla 5). La riqueza estandarizada de 2025 se mantuvo consistentemente alta y fue superior a 2023 y 2024 (Figura 9).

Debido a que la rarefacción estandarizada en N no corrige el sesgo de 2025 de dominancia máxima con 39.3%, se tomó en cuenta tres escenarios:

- Completo: 2025 con datos completos, incluido el sesgo de dominancia.
- Sin dominante: 2025 sin incluir los registros del aportante dominante.
- Capado: 2025 con un límite máximo de registros por aportante.

Las estimaciones de riqueza y proporción por orden mostraron similitud elevada en los tres escenarios para 2025. Según la Figura 10, las barras tienen segmentos muy parecidos y se establece visualmente que la composición por orden de 2025 no está determinada por el aporte dominante. Para la composición específica por órdenes, en 2025 hubo dominancia de “Otros órdenes” y Hemíptera estuvo en segundo lugar; en 2023 “Otros órdenes” también tuvo dominancia y en 2024 dominó Hemíptera (Tabla 10). Los intervalos de confianza y las barras de error asociados a las proporciones se solaparon ampliamente, indicando que ni la riqueza ni la composición por órdenes para 2025 están sustancialmente sesgadas por un solo observador (Figura 11 y Figura 12).

3.3 Análisis espaciales

El polígono usado en el portal de GBIF fue incorporado al análisis espacial como contorno de referencia. Fue importante determinar si los mapas para análisis espacial dependen de puntos de baja calidad por haber sido extraídos de GBIF. Se eliminó únicamente los registros con incertidumbre reportada que son incompatibles con análisis a escala urbana, se excluyó 2 datos ($\approx 0.08\%$) de los 2 370 que estaban a más de 50 km. Para evitar pérdida masiva de datos y evaluar la dependencia de los patrones espaciales con datos con incertidumbre no reportada, se estableció dos escenarios:

- Inclusivo: Mantiene NA en incertidumbre y sólo excluye *outliers* brutales de >50 km.

- Estricto: Incluye solo puntos con incertidumbre reportada y restringiendo los datos a ≤ 1000 m.

Para reducir ruido de puntos individuales y facilitar comparaciones espaciales mediante métricas agregadas, se utilizó una grilla de 1 km² como unidad espacial mínima consistente con los análisis urbanos. El uso de una grilla para analizar el esfuerzo de registro y riqueza observada por celda, fue crucial debido a las variaciones por esfuerzo y sesgos espaciales de este tipo de datos.

3.3.1 Mapas de riqueza y esfuerzo de los últimos cinco años

Como el esfuerzo de muestreo es un componente crítico, el conteo de registros por celda facilita el diagnóstico de sesgos, detecta de concentraciones extremas del muestreo y ayuda a evidenciar que la grilla es óptima para los siguientes análisis. Además, permite determinar si el patrón espacial es interpretable o si todo está disperso y hay sesgo de muestreo. La Figura 13, el histograma de registros por celda, muestra una alta frecuencia en cero; esto evidencia heterogeneidad espacial del esfuerzo y un muestreo fuertemente concentrado en un subconjunto de celdas.

Las zonas con mayor número de registros en el análisis inclusivo aparentan estar cerca del área del Bosque Protector Prosperina (BPP) y más aún, del área del Bosque Protector Cerro Blanco (BPCB); en el análisis estricto hay mayor número de esfuerzo cerca de BPP (Figura 1 y Figura 14).

La riqueza por celda representa diversidad observada y puede estar influenciada por el esfuerzo de muestreo. En el análisis inclusivo los registros de puntos altos de riqueza sí coinciden con las áreas previamente mencionadas, sin embargo, el análisis estricto coincide poco con el área cerca de BPCB. Las zonas con alta riqueza observada y esfuerzo coinciden, por lo que el patrón evidencia mayor preferencia a esos lugares. De manera general, los mapas

inclusivo y estricto sí coinciden en zonas altas, permitiendo evaluar robustez del patrón espacial frente a la calidad de georreferenciación (Figura 15).

3.3.2 Mapas de riqueza y esfuerzo por ventanas temporales

Se volvió a emplear ventanas temporales para facilitar comparaciones espaciales, estabilizar el patrón espacial y reducir ruido interanual asociado a esfuerzo desigual de muestreo. Se elaboró dos mapas inclusivos comparables para determinar si es justificable usar ventanas para evidenciar cambio espacial sin evaluar cada año por separado.

De forma complementaria, se elaboró mapas de esfuerzo y riqueza para evidenciar sesgos de muestreo y apoyar la interpretación de la riqueza observada.

En cada ventana temporal, los *hotspots* de riqueza observada se superponen parcialmente con las zonas de mayor esfuerzo de su respectiva ventana; esto sugiere un posible sesgo por subrepresentación o falta de datos en áreas con menos registros (Figura 16 y Figura 17). La riqueza observada y esfuerzo de 2020-2022 estuvo más concentrado en áreas cerca de BPCB y la de 2023-205 fue más alto cerca de BPP.

3.3.3 Relación entre composición y variables urbanas

La aplicación de un umbral mínimo de registros por celda ($\text{min}_n=10$), cuando se desea identificar tendencias con órdenes, es determinante para filtrar las celdas con pocos registros y aumentar la estabilidad un mapa. Cuando existen pocas observaciones, una celda puede tener 100% de un orden, aunque posea solo un registro. Se analizó el orden Odonata por su asociación a ecosistemas acuáticos.

Se graficó la proporción espacial de Odonata por celda en los últimos cinco años bajo el escenario inclusivo. Se observa que la proporción de Odonata por celda no es distribuida, lo que puede representar sesgos. Otros *hotspots* observados pueden coincidir con zonas de alto esfuerzo, dominancia de contribuyentes y la influencia de rutas de observación (Figura 18).

Se estableció un control básico visual para determinar relaciones ecológicas o ambientales. Esta referencia visual constituye evidencia cualitativa sólida. El esfuerzo no es uniforme, por lo que esta riqueza es riqueza observada. Se comparó celdas cercanas y lejanas a cuerpos de agua para explorar relaciones espaciales con elementos urbanos.

Se observa que la riqueza observada por celda fue solo ligeramente mayor cerca del agua (Figura 19); sin embargo, Odonata tiende a ser mayor en celdas cercanas a cuerpos de agua, consistente con su ecología (Figura 20). Se concluye que el patrón espacial detectado no es solo producto de esfuerzo de observación.

3.3.4 Relación entre riqueza espacial observada y dominancia de aportantes

Se evaluó la dominancia del aportante dominante por celda para determinar si los *hotspots* de riqueza tienen dominancia alta y de esta manera identificar probable “rutas de observador”. Con una correlación débil y negativa -0.230 , se infiere que la riqueza no aumenta con la dominancia de un solo contribuyente. Esto sugiere que no hay dependencia con rutas de observador y que las celdas con contribuciones más distribuidas tienden a mostrar mayor riqueza observada (Figura 21).

3.4 Afianzamiento de hallazgos

A pesar del sutil aumento de riqueza cerca del agua (Figura 22), las celdas lejanas a cuerpos de agua presentan mayor dominancia del principal contribuyente; lo que indica que el patrón lejos del agua está más influenciado por rutas de observación de pocos aportantes y que los resultados deben ser tomados con cautela. La proporción de Odonata fue negativa relativa a su proximidad a cuerpos de agua (-0.456), lo que respalda un gradiente real y coherente (Tabla 7).

Se analizó la dispersión de datos entre la proximidad al agua de la riqueza observada y Odonata. Aunque la riqueza observada sea un poco elevada cerca a cuerpos de agua, esta se debe interpretar junto al esfuerzo; ya que, a mayor esfuerzo mayor especies registradas.

El *boxplot* para Odonata mostró que su proporción por celda es mayor en celdas cercanas a cuerpos de agua, lo que respalda hallazgos anteriores (Figura 23).

Capítulo 4

4. Conclusiones y recomendaciones

4.1 Conclusiones

Este proyecto integrador tuvo como objetivo principal analizar la diversidad espacial y temporal de los insectos en Guayaquil urbano utilizando bases de datos abiertas de ciencia ciudadana, para detectar variaciones asociadas a la estacionalidad y distribución.

A través de un proceso de estandarización de datos bajo el protocolo Darwin Core y un análisis crítico del esfuerzo de muestreo, se logró caracterizar patrones y extraer conclusiones sólidas, a la vez que se delimitan las limitaciones inherentes a este tipo de fuente de datos. Se encontró que el esfuerzo de registro no es homogéneo en el tiempo ni en el espacio debido a los sesgos por esfuerzo de muestreo, lo que impide interpretar las variaciones interanuales crudas como cambios ecológicos reales. Con el fin de mitigar los sesgos, se estandarizó y se caracterizó el esfuerzo de muestreo para proseguir con el análisis estadístico descriptivo. Se evaluó ventanas temporales, proporciones taxonómicas y contrastes entre esfuerzo y riqueza observada; lo que permitió obtener señales ecológicas robustas.

Al examinar el esfuerzo y patrones espacio-temporales bajo tres escenarios que alteraban la contribución de aportantes dominantes, se encontró un aumento de la riqueza observada para 2025 que no dependió de un solo observador. Bajo un esfuerzo de muestreo comparable al evaluar ventanas temporales de los últimos cinco años, la riqueza observada de especies fue mayor de 2023-2025. Se puede concluir que hubo una combinación entre aumento de cobertura taxonómica y ocurrencias.

Con la ayuda de ventanas temporales que reduzcan la variación interanual asociada a esfuerzo desigual, se descubrió un cambio espacial leve en los *hotspots* entre 2020-2023 y 2023-2025, donde el último estuvo más concentrado en el área cerca de BPP. Aún más trascendental, los *hotspots* de riqueza observada no están dominados por un único observador y la participación

distribuida se asocia con mayor riqueza registrada; no obstante, el esfuerzo de muestreo sigue siendo un factor a considerar.

Mediante la evaluación de la relación entre la composición de insectos y variables urbanas como cuerpos de agua, se logró discriminar señales ecológicas significativas superpuestas al sesgo de muestreo. Se observó una correlación significativa, la proporción de Odonata aumentó consistentemente en las celdas cercanas a cuerpos de agua. Este patrón es consistente con su dependencia de hábitats acuáticos y demuestra que parte de la variación espacial en la composición de insectos sí refleja gradientes ambientales reales del paisaje urbano de Guayaquil, más allá del esfuerzo.

En conclusión, este trabajo demuestra que es posible extraer información válida que puede ayudar a identificar tendencias temporales, áreas de interés persistente y señales ecológicas específicas que son robustas a los sesgos.

4.2 Recomendaciones

Este proyecto sienta una base para el monitoreo futuro y destaca la necesidad de integrar datos de ciencia ciudadana con variables ambientales cuantitativas para avanzar en la comprensión de la ecología de los insectos dentro del ecosistema de Guayaquil urbano.

En esta ciudad rebotante de riqueza, es imperativo que este tipo de investigaciones preliminares incentive el esfuerzo ciudadano a crear una base de conocimiento colectivo que permita orientar el monitoreo municipal a la reducción del control sanitario indiscriminado y minimizar impactos sobre especies no objetivo.

Es difícil discernir patrones ecológicos reales de la biodiversidad de insectos en Guayaquil utilizando únicamente los datos crudos de ciencia ciudadana, más aún cuando el esfuerzo de muestreo es disparajeo. Es necesario fomentar a los usuarios de las plataformas de

carga de registros a llenar campos clave para evitar la depuración masiva de datos en proyectos futuros.

.

Referencias

- Abbasi, E. (2025). The role of insects in environmental crisis management: implications of climate change and environmental pollution. *Journal of Urban Ecology*, 11(1), Article juaf019.
<https://doi.org/10.1093/jue/juaf019>
- Aguilar Velasco, H. M. (2021). *Malaria y espacio en el Ecuador: Del verde de París a la eliminación de la enfermedad* [Tesis de maestría, Universidad Andina Simón Bolívar].
<http://hdl.handle.net/10644/8216>
- Ali, R. L. M. N., & Winter-Reece, N. S. (2025). Bridging the gap: Understanding arboviral vectors in the Caribbean. *Frontiers in Tropical Diseases*. <https://doi.org/10.3389/fitd.2025.1621421>
- Arias de López, M., & Molina-Moreira, N. (2022). First record of two invasive species of *Crypticerya* (Hemiptera: Monophlebidae) causing outbreaks in urban green areas of Guayas Province, Ecuador. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 9(1), 38–46.
<https://doi.org/10.26423/rctu.v9i1.668>
- Barquero-Elizondo, A. I., Aguilar-Monge, I., Méndez-Cartín, A. L., Hernández-Sánchez, G., Sánchez-Toruño, H., Montero-Flores, W., Herrera-González, E., Sánchez-Chaves, L. A., Barrantes-Vásquez, A., Gutiérrez-Leitón, M., Mesén-Montano, I., & Bullé-Bueno, F. (2019). Asociación entre abejas sin aguijón (Apidae, Meliponini) y la flora del bosque seco en la región norte de Guanacaste, Costa Rica. *Revista de Ciencias Ambientales*, 53(1), 70–91.
<https://doi.org/10.15359/rca.53-1.4>
- Beck, J., Böller, M., Erhardt, A., & Schwanghart, W. (2021). Predicting insect richness from GBIF records with R. *Ecography*, 44(5), 819–831. <https://doi.org/10.1111/ecog.0544>

- Boyd, R. J., Powney, G. D., Carvell, C., & Pescott, O. L. (2021). occAssess: An R package for assessing potential biases in species occurrence data. *Ecology and Evolution*, *11*(22), 16177–16187. <https://doi.org/10.1002/ece3.8299>
- Bowler, D. E., Boyd, R. J., Callaghan, C. T., Robinson, R. A., Isaac, N. J. B., & Pocock, M. J. O. (2025). Treating gaps and biases in biodiversity data as a missing data problem. *Biological Reviews*, *100*(1), 50–67. <https://doi.org/10.1111/brv.13127>
- Boyd, R. J., Powney, G. D., Carvell, C., & Pescott, O. L. (2021). occAssess: An R package for assessing potential biases in species occurrence data. *Ecology and Evolution*, *11*(22), 16177–16187. <https://doi.org/10.1002/ece3.8299>
- Cabrero-Sañudo, F. J., Cañizares García, R., Caro-Miralles, E., Gil Tapetado, D., Grzechnik, S., & López Collar, D. (2022). Seguimiento de artrópodos bioindicadores en áreas urbanas: objetivos, experiencias y perspectivas. *Ecosistemas*, *31*(1), 2340. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2340>
- Callaghan, C. T., Bowler, D. E., Blowes, S. A., Chase, J. M., Lyons, M. B., & Pereira, H. M. (2022). Quantifying effort needed to estimate species diversity from citizen science data. *Ecosphere*, *13*(1), e3966. <https://doi.org/10.1002/ecs2.3966>
- Callaghan, C. T., Poore, A. G. B., Mesaglio, T., Moles, A. T., Nakagawa, S., Roberts, C., Rowley, J. J. L., Vergés, A., Wilshire, J. H., & Cornwell, W. K. (2020). Three frontiers for the future of biodiversity research using citizen science data. *BioScience*, *71*(2), 220-228. <https://doi.org/10.1093/biosci/biaa131>
- Cedeño-García, M. C., & Loor-Cedeño, L. A. (2025). Resistencia a insecticidas del mosquito *Aedes aegypti* en los cantones de la Provincia de Manabí – Ecuador durante el periodo 2020–2024.

LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, 6(2), 744–759.

<https://doi.org/10.56712/latam.v6i2.3660>

Chamberlain, S., Barve, V., McGlinn, D., Oldoni, D., Desmet, P., Geffert, L., & Ram, K. (2021). *rgbif: Interface to the Global Biodiversity Information Facility API* [R package]. <https://CRAN.R-project.org/package=rgbif>

Chao, A., Gotelli, N. J., Hsieh, T. C., Sander, E. L., Ma, K. H., Colwell, R. K., & Ellison, A. M. (2014). Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: A framework for sampling and estimation in species diversity studies. *Ecological Monographs*, 84(1), 45–67. <https://doi.org/10.1890/13-0133.1>

Chao, A., Thorn, S., Chiu, C. H., Moyes, F., Hu, K. H., Chazdon, R. L., & Wu, J. (2023). Rarefaction and Extrapolation with Beta Diversity under a Framework of Hill Numbers: The iNEXT.beta3D Standardization. *Ecological Monographs* 93(4), Article e1588. <https://doi.org/10.1002/ecm.1588>

Darwin Core Maintenance Group. (2023). *Darwin Core quick reference guide*. Biodiversity Information Standards (TDWG). Recuperado el 18 de enero de 2026, de <https://dwc.tdwg.org/terms/>

Dávalos Delgado, C., & Melchiade Muñoz, J. (2018). *Diagnóstico de ehrlichiosis, anaplasmosis, dirofilariosis y enfermedad de Lyme y caracterización de vectores en caninos callejeros del sector Guasmo Sur – Guayaquil* [Tesis de grado, Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/15099>

Díaz-Calafat, J., Jaume-Ramis, S., Soacha, K., Álvarez, A., & Piera, J. (2024). Revelando sesgos en observaciones de insectos: Un análisis comparativo entre datos académicos y de ciencia ciudadana. *PLOS ONE*, 19(7), e0305757. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0305757>

Díaz, S., Settele, J., Brondízio, E. S., Ngo, H. T., Guèze, M., Agard, J., ... & Zayas, C. (2019). *Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. IPBES Secretariat. <https://rid.unrn.edu.ar/jspui/handle/20.500.12049/4223>

Empresa Pública DASE. (2025). *Huertos urbanos*. Recuperado el 15 de enero de 2026, de <https://dase.gob.ec/guayaquil-impulsa-la-agricultura-urbana-con-la-creacion-de-un-huerto-comunitario-en-el-cami-guasmo/>

Fellowes, M. D. E., Tryjanowski, P., & Angeoletto, F. (2025). The ecology and biodiversity of tropical cities are as important as they are unknown. In F. Angeoletto, P. Tryjanowski, & M. D. E. Fellowes (Eds.), *Ecology of tropical cities* (Vol. 1, pp. 3–14). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-48012-6_1

Fenoglio, M. S., González, E., & Calviño, A. (2021). Urbanisation drivers and mechanisms of terrestrial insect diversity loss. *Ecological Entomology*. <https://doi.org/10.1111/een.13041>

Gaona, F. P., Iñiguez-Armijos, C., & Brehm, G. (2021). Drastic loss of Lepidoptera in urban landscapes in a tropical biodiversity hotspot. *Journal of Insect Conservation*, 25(2), 267–277. <https://doi.org/10.1007/s10841-021-00308-9>

GBIF.org. (2026, 10 de enero). *GBIF Occurrence Download (Taxon: Insecta; polygon filter; 2000–2025)* [Dataset]. <https://doi.org/10.15468/dl.6h4x5n>

GBIF. (s. f.). *Date and time interpretation* (Technical documentation). Recuperado el 15 de enero de 2026, de <https://techdocs.gbif.org/en/data-processing/temporal-interpretation>

- Global Biodiversity Information Facility. (2021, 17 de febrero). *Common things to look out for when post-processing GBIF downloads* (Actualizado el 20 de abril de 2022) [Post de blog]. GBIF Data Blog. <https://data-blog.gbif.org/post/gbif-filtering-guide/>
- Global Biodiversity Information Facility. (2022). *Biodiversity Data Use: Module 1*. Data processing [Diapositivas de PowerPoint]. https://docs.gbif.org/course-data-use/exercise-data/Biodiversity_Data_Use_Processing.pptx.pdf
- Grimón, R., Moreira, N. M., Coello, M. J., Real, J., & Félix, D. (2021). Insectos plagas comunes y sus enemigos naturales en áreas verdes urbanas de la costa. Universidad de Especialidades Espíritu Santo.
- Grolemund, G., & Wickham, H. (2011). Dates and times made easy with lubridate. *Journal of Statistical Software*, 40(3), 1–25. <https://www.jstatsoft.org/v40/i03/>
- Guayasamín, J. M., Vandegrift, R., Policha, T., Encalada, A. C., Greene, N., Ríos-Touma, B., ... Roy, B. A. (2021). Conservación de la biodiversidad: Consecuencias locales y globales de la aplicación de los derechos de la naturaleza por parte de Ecuador. *Biodiversidad Neotropical*, 7(1), 541–545. <https://doi.org/10.1080/23766808.2021.2006550>
- Hsieh, T. C., Ma, K. H., & Chao, A. (2025). *iNEXT: Interpolation and extrapolation for species diversity (Version 3.0.2)* [R package]. http://chao.stat.nthu.edu.tw/wordpress/software_download/
- International Organization for Standardization. (2019). *ISO 8601-1:2019 Date and time—Representations for information interchange. Part 1: Basic rules*. ISO. <https://www.iso.org/standard/70907.html>

Isaac, N. J. B., Jarzyna, M. A., Keil, P., Dambly, L. I., Boersch- Supan, P. H., Browning, E., Freeman, S. N., Golding, N., Guillera-Arroita, G., Henrys, P. A., Jarvis, S., Lahoz-Monfort, J., Pagel, J., Pescott, O. L., Schmucki, R., Simmonds, E. G., & O'Hara, R. B. (2020). Data integration for large-scale models of species distributions. *Trends in Ecology & Evolution*, 35(1), 56-67.

<https://doi.org/10.1016/j.tree.2019.08.006>

Kays, R., Lasky, M., Parsons, A. W., Pease, B., & Pacifici, K. (2021). Evaluation of the spatial biases and sample size of a statewide citizen science project. *Citizen Science: Theory and Practice*, 6(1), Article 34. <https://doi.org/10.5334/cstp.344>

Melis, R., Malavasi, M., Bazzichetto, M., Caria, M. C., Riviuccio, G., Denaro, A., Marchetto, E., Perrone, M., Livornese, M., Rocchini, D., & Bagella, S. (2025). Unravelling Bias: A Sardinian perspective on taxonomic, spatial, and temporal biases in vascular plant biodiversity data from GBIF. *Ecological Informatics*, 81, Article 103289. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2025.103289>

Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). (2025). Política pública de estado “Manos para el campo” 2025–2034. https://www.agricultura.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2025/05/Poli%CC%81tica-Pu%CC%81blica-Agropecuaria-2025-2034_MANOS-PARA-EL-CAMPO3.pdf

Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil. (2025a, 3 de febrero). *Fumigación, desratización y servicios municipales beneficiaron a 1.600 personas del Suburbio de Guayaquil.*

<https://guayaquil.gob.ec/fumigacion-desratizacion-servicios-municipales-beneficiaron-personas-suburbio-guayaquil/>

Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil. (2025b, 7 de noviembre). *Más de 429.000 hogares beneficiados con las brigadas de fumigación y desratización municipal.*

<https://guayaquil.gob.ec/hogares-beneficiados-brigadas-fumigacion-desratizacion-municipal/>

Narváez, A. E., Ghia, T., & Moretta-Urdiales, M. M. (2020). Feeding habits of *Anolis sagrei*, an introduced species in urban Guayas. *Urban Ecosystems*.

<https://www.researchgate.net/publication/341133586>

Nuñez-Penichet, C., Brehm, G., & Ttito, T. (2021). High diversity of Lepidoptera in semi-urban areas of Loja, Ecuador. *Urban Ecosystems*, 24(5), 1057–1067. <https://doi.org/10.1007/s11252-021-01110-w>

OpenStreetMap contributors. (2026). *OpenStreetMap* [Data set]. Recuperado el 15 de enero de 2026, de <https://www.openstreetmap.org>

Ordóñez, M. F., Shannon, K., & d'Auria, V. (2022). The materialization of the Buen Vivir and the Rights of Nature: Rhetoric and realities of Guayaquil Ecológico urban regeneration project. *City, Territory and Architecture*, 9, 1. <https://doi.org/10.1186/s40410-021-00147-w>

Padgham, M., Rudis, B., Lovelace, R., & Salmon, M. (2017). osmdata. *Journal of Open Source Software*, 2(14), 305. <https://doi.org/10.21105/joss.00305>

Panichkitkosolkul, W., Kesamoon, C., & Vesarachasart, S. (2024). Bootstrap methods for estimating the confidence interval for the parameter of zero-truncated Poisson-Garima distribution and their application. *Vietnam Journal of Science and Technology*, 62(6), 1173–1184. <https://doi.org/10.15625/2525-2518/18056>

- Pebesma, E. (2018). Simple features for R: Standardized support for spatial vector data. *The R Journal*, 10(1), 439–446. <https://doi.org/10.32614/RJ-2018-009>
- Pocock, M. J. O., Logie, M., Isaac, N. J. B., Fox, R., & August, T. (2023). The recording behaviour of field-based citizen scientists and its impact on biodiversity trend analysis. *Ecological Indicators*, 151, 110276. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110276>
- Posit Team. (2025). *RStudio: Integrated development environment for R* [Software]. Posit Software, PBC. <https://www.posit.co/>
- R Core Team. (2025). *R: A language and environment for statistical computing* [Software]. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Rathod, S., Kumar, A. T., & Haripriya, S. (2023). Data manipulation using R tidyverse. In S. Rathod, S. Banda, N. Bandumula, A. Kumar, P. Lakshmi, P. Jeyakumar, A. Waris, P. Muthuraman, & R. Sundaram, *Statistical procedures for analyzing agricultural data using R* (p. 17). *ICAR–Indian Institute of Rice Research (IIRR)*.
- Ribeiro, B. R., Velazco, S. J. E., Guidoni-Martins, K., Tessarolo, G., Jardim, L., Bachman, S. P., & Loyola, R. (2022). bdc: A toolkit for standardizing, integrating and cleaning biodiversity data. *Methods in Ecology and Evolution*, 13(7), 1421–1428. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13868>
- Rodríguez-López, L., & Usta, D. F. B. (2025). Advanced phycocyanin detection in a South American lake using Landsat imagery and remote sensing. *Frontiers in Remote Sensing*. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frsen.2025.1714525/full>
- Sanllorente, O., & Blanco-Urdillo, E. (2025). A systematic review and meta-analysis on urban arthropod diversity. *Insect Conservation and Diversity*. <https://doi.org/10.1111/icad.12831>

Schigel, D., Güntsch, A., Groom, Q., & de Jong, Y. (2020). Darwin Core Archives and R: Enabling reproducible biodiversity research. *Biodiversity Data Journal*, 8, e48523.

<https://doi.org/10.3897/BDJ.8.e48523>

Seebens, H., Clarke, D. A., Groom, Q., Wilson, J. R. U., García-Berthou, E., Kühn, I., Roigé, M., Pagad, S., Essl, F., Vicente, J., Winter, M., McGeoch, M., & NeoBiota. (2020). A workflow for standardising and integrating alien species distribution data. *NeoBiota*, 59, 39–59.

TDWG (Biodiversity Information Standards). (s. f.). *Darwin Core quick reference guide: eventDate*.

Recuperado el 15 de enero de 2026, de <https://dwc.tdwg.org/terms/>

Van Eupen, C., Maes, D., Herremans, M., Swinnen, K. R. R., Somers, B., & Luca, S. (2021). The impact of data quality filtering of opportunistic citizen science data on species distribution model performance. *Ecological Modelling*, 444, 109453.

<https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2021.109453>

Ver Hoef, J. M., Johnson, D., Angliss, R., & Higham, M. (2021). Species density models from opportunistic citizen science data. *Methods in Ecology and Evolution*, 12(10), 1911–1925.

<https://doi.org/10.1111/2041-210X.13679>

Wickham, H., Averick, M., Bryan, J., Chang, W., McGowan, L. D., François, R., Grolemund, G., Hayes, A., Henry, L., Hester, J., Kuhn, M., Pedersen, T. L., Miller, E., Bache, S. M., Müller, K., Ooms, J., Robinson, D., Seidel, D. P., Spinu, V., Takahashi, K., Vaughan, D., Wilke, C., Woo, K., & Yutani, H. (2019). Welcome to the tidyverse. *Journal of Open Source Software*, 4(43), 1686. <https://doi.org/10.21105/joss.01686>

Wickham, H. (2016). ggplot2: Elegant graphics for data analysis. Springer. <https://ggplot2.tidyverse.org>

Wickham, H., François, R., Henry, L., Müller, K., & Vaughan, D. (2023). *dplyr: A grammar of data manipulation (Version 1.1.4)* [R package]. <https://doi.org/10.32614/CRAN.package.dplyr>