



Publicación Semestral. Vol. 2, No. 1, enero-junio 2023, Ecuador (p. 1-17). Edición continua

USO DE LA APP INATURALIST COMO UNA HERRAMIENTA EFICAZ PARA IDENTIFICAR LOS POTENCIALES POLINIZADORES EN LUPINUS MUTABILIS

Dania Dayanara Valencia Yaguana^{1*}, Guadalupe de las Mercedes López Castillo¹, Diego

Fernando Mina Chalá^{2,3}, Olivier Jacques Christian Dangles^{3,4}

¹ Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Universidad Técnica de Cotopaxi. Latacunga, Ecuador.

² Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ibarra, Ecuador.

³ Institut de Recherche pour le Développement.

⁴ Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive, UMR 5175, CNRS, Université de Montpellier, Université Paul Valéry Montpellier, EPHE, Montpellier, France.

*Dirección para correspondencia: dania.valencia5851@utc.edu.ec

Fecha de Recepción: 25-10-2022

Fecha de Aceptación: 05-12-2022

Fecha de Publicación: 31-01-2023

Resumen

Este estudio está enfocado en la identificación de potenciales polinizadores mediante la aplicación iNaturalist como herramienta de ciencia ciudadana. En el período de floración del chocho (*Lupinus mutabilis*), se colectaron insectos mediante trampas de caída en campos localizados en la región andina de Ecuador. Los ejemplares capturados se procesaron para fotografiar un representante de cada grupo morfoespeciado. Se creó un proyecto dentro de la app para cargar las fotografías. Para la identificación se tomó el resultado del taxón comunitario que entrega el algoritmo de iNaturalist. Las páginas anexas a la app permitieron determinar el grupo funcional de cada especie identificada. La diversidad y abundancia total se determinaron en categoría taxonómica de orden con infostat. El mejoramiento taxonómico por la participación de identificadores fue determinado mediante box plot. Por último, el origen de los identificadores se determinó al indagar en sus perfiles de iNaturalist. Los resultados muestran que iNaturalist logró determinar 12 taxones a nivel especie, 26 a nivel género, 10 a nivel familia pertenecientes a 6 órdenes, de los cuales 22 son potenciales polinizadores del chocho. El orden Díptera fue el más abundante y con mayor diversidad. La localidad con 3500 msnm presentó dominancia de especies y diversidad baja. El 79.6% de los identificadores son de países no Sudamericanos. iNaturalist se muestra como una poderosa herramienta identificadora de entomofauna siendo potencializada aún más con la participación de identificadores y sus páginas anexas que brindan información sobre entomofauna. Una herramienta que ofrece un proxy taxonómico bastante interesante a pesar de existir poca participación de identificadores suramericanos. La información obtenida de la app puede ser utilizada dentro de estrategias MIPP que ayuden a la entomofauna alfabetización enfocada a proteger los polinizadores.

Palabras Clave: iNaturalist, polinizadores, abundancia, diversidad.

IDs Orcid:

Dania Dayanara Valencia Yaguana: <https://orcid.org/0000-0001-5567-2240>

Guadalupe de las Mercedes López Castillo: <https://orcid.org/0009-0001-9829-0493>

Diego Fernando Mina Chalá: <https://orcid.org/0000-0001-8821-6575>

Olivier Jacques Christian Dangles: <https://orcid.org/0000-0002-1987-8433>

Artículo científico: Uso de la App iNaturalist como una herramienta eficaz para identificar los potenciales polinizadores en *Lupinus mutabilis*

Publicación Semestral. Vol. 2, No. 1, enero-junio 2023, Ecuador (p. 1-17)

USE OF THE INATURALIST APP AS AN EFFECTIVE TOOL TO IDENTIFY POTENTIAL POLLINATORS IN LUPINUS MUTABILIS.

Abstract

This study focused on the identification of pollinators through the iNaturalist application as a citizen science tool. In the flowering period of the chocho, insects were collected through bowl traps in fields located in the Andean region of Ecuador. The captured specimens were processed to photograph a representative of each morphospeciated group. The photographs were uploaded to the project created in iNaturalist. For the identification, the result of the community taxon delivered by the iNaturalist algorithm was taken. The pages attached to the app allowed us to determine the functional group of each identified species. The diversity and abundance were determined in order of taxonomic category with infostat. Taxonomic improvement by the participation of identifiers was determined using box plots. Finally, the origin of the identifiers was determined by investigating their iNaturalist profiles. Our results show that iNaturalist managed to determine 12 taxa at the species level, 26 at the genus level, 10 at the family level belonging to 6 orders, of which 22 are potential pollinators of lupine. The order Diptera was the most abundant and with the greatest diversity. The locality with 3500 meters above sea level presented species dominance and low diversity. 79.63% of the identifiers are from countries outside South America. iNaturalist is a powerful tool for the identification of entomofauna. Being further enhanced with the participation of identifiers and their annexed pages that provide information on entomofauna, iNaturalist is a tool that offers an interesting taxonomic proxy despite the fact that there is little participation of South American identifiers. The information obtained from the app can be used within MIPP strategies that help entomo-literacy focused on protecting pollinators.

Keywords: iNaturalist, pollinators, abundance, diversity.

1. INTRODUCCIÓN

La pérdida de biodiversidad es un tema inquietante desde hace mucho tiempo (Andrade, 1990). En el estudio de este problema los polinizadores han ocupado el centro de atención (Sánchez & Wyckhuys, 2019). Esta pérdida es particularmente preocupante debido al importante papel que ejercen estos organismos en la producción mundial de alimentos (Allsopp et al., 2008) (Sawe et al., 2020). Se estima que el 16.5% de los polinizadores a nivel mundial están amenazados y en peligro de extinción (Rice et al., 2018). En Ecuador, se pierde hasta un 5% de producción en ausencia de zoopolinización (Naranjo et al., 2019). Estas pérdidas se deben en gran medida al uso de pesticidas (Cajamarca et al. 2020) en etapas de floración. Los pesticidas afectan de manera directa la biodiversidad, los ecosistemas y al bienestar humano (De la Peña, 2018).

Cotopaxi es una de las provincias ecuatorianas de mayor producción en chocho (*Lupinus spp.*) (Guaña, 2019). Los productores de chocho desconocen el rol que cumplen los insectos dentro de su cultivo. Este desconocimiento, hace que generalicen los pesticidas considerando a todos los insectos como plaga. Ante esta situación y la necesidad de cuidar a los polinizadores para obtener un buen rendimiento, surge el accionar de identificar a los insectos potenciales polinizadores en el chocho a través de iNaturalist promoviendo la alfabetización sobre estos insectos. Hay un gran número de investigaciones sobre identificación de insectos plaga (Álvarez, 2016) en *Lupinus mutabilis* y sus controles de forma orgánica (Simpson, 1949; Casa y Clavijo, 2018), sin embargo, al buscar sobre polinizadores en este cultivo la información es prácticamente nula. Se ha dado únicamente importancia a estudios sobre insectos-plaga para llegar a buenos rendimientos, dejando de lado el impacto que ocasionan los polinizadores para una buena producción.

Por otro lado, para contribuir en la alfabetización sobre la entomofauna benéfica (Aizen et al., 2009) (Klein et al., 2007), nace la necesidad de construir una relación más estrecha entre el agricultor y su campo, combinando el uso de las tecnologías digitales y la ciencia ciudadana. De esta forma surge un desarrollo individual a través de una educación de carácter autónomo y colaborativo (Cedeño & Murillo, 2019), importante al momento de usar estrategias de manejo integrado de plagas y polinizadores (MIPP). La obtención de conocimientos sobre potenciales polinizadores por parte de los productores de chocho, puede ser un estímulo hacia ellos para la

Artículo científico: Uso de la App iNaturalist como una herramienta eficaz para identificar los potenciales polinizadores en *Lupinus mutabilis*

Publicación Semestral. Vol. 2, No. 1, enero-junio 2023, Ecuador (p. 1-17)

conservación y gestión adecuada de estos insectos que aportan con el servicio ecosistémico de la polinización (Garibaldi et al., 2011) (Miñarro et al., 2018). Estas acciones mejoran las condiciones para los polinizadores y la productividad del cultivo, teniendo un impacto importante sobre el ambiente y la salud de los consumidores. Últimamente una manera de aprender es mediante la inserción de la tecnología y las apps que nos ofrecen los dispositivos móviles para mejorar el proceso de aprendizaje (Cadena et al., 2017). iNaturalist es una plataforma para registrar y organizar observaciones de la naturaleza. Tiene como base la ciencia ciudadana para fomentar la conciencia sobre la biodiversidad alrededor del mundo y promueve la participación y exploración de los ambientes locales (Caín, 2021). Es una herramienta de construcción colectiva de investigadores y ciudadanos que provee información sobre la historia natural de los organismos vivos en el planeta (Kays et al., 2020). También, iNaturalist es usada como una herramienta para la alfabetización entomológica donde los agricultores fortalecen sus conocimientos sobre la entomofauna en sus cultivos (Mina & Dangles, 2020).

Este trabajo se plantea para responder las siguientes preguntas de investigación:

¿Se puede identificar insectos únicamente con fotografías usando iNaturalist como herramienta de ciencia ciudadana? Una vez obtenido un proxy taxonómico, ¿Cuánto más se puede mejorar la clasificación taxonómica de las observaciones en base a la identificación de los naturalistas?

A partir de las identificaciones generadas con iNaturalist y del monitoreo realizado en campo, ¿Se puede determinar la diversidad, dominancia y abundancia de estos insectos?

2. METODOLOGÍA

2.1 Captura y Muestreo

La captura de insectos se realizó en 61 campos de chocho distribuidos en las parroquias de Alaquez (centre latitude 0°51'55"S and centre longitude 78°34'34"W), Cusubamba (centre latitude 1°05'26"S and centre longitude 78°44'27"W), Guaytacama (centre latitude 0°49'14"S and centre longitude 78°38'44"W) Juan Montalvo (centre latitude 0°54'13"S and centre longitude 78°35'35"W) y Pujilí (centre latitude 0°57'24"S and centre longitude 78°41'43"W) pertenecientes a la provincia de Cotopaxi, región andina de Ecuador. El estudio se realizó en el período de floración del chocho, entre julio y octubre del 2021. Se colocaron trampas de caída (Droege et al., 2009) (Ramirez et al. 2014) de color amarillo por cada 1000 m² de cultivo a la altura de la flor de *Lupinus mutabilis* Sweet. Las trampas estuvieron sujetas sobre un soporte fijo vertical clavado en el suelo. En total se colocaron 114 trampas que contenían 250

ml de agua y 5ml de jabón líquido neutro como medio de retención para romper la tensión superficial (Padrón et al., 2021). Las trampas fueron retiradas después de transcurrir 72 horas. Una vez transcurrido este período de tiempo se tamizó todo el contenido de cada trampa de caída para extraer los insectos. Se almacenaron en frascos urintainers debidamente codificados con alcohol al 70% (Peña, 2001). En laboratorio, los especímenes se morfoespeciaron para su conteo, secado y montaje (Marquéz, 2005).

2.2 Toma de fotografías.

Se elaboró una caja de luz (Gonzalo et al. 2013) con espuma flex forrada de cartulina blanca con dimensiones 210 x 297 mm donde posteriormente se registraron 5 fotografías en diferentes ángulos (frontal, dorsal, ventral, lateral, y del ala) de un representante de cada grupo morfoespeciado. Debido al diverso tamaño de los insectos encontrados, se utilizaron dos tipos de cámaras para tener un mejor resultado final en conjunto. Para los ángulos dorsal y ventral se utilizó una cámara fotográfica Sony, modelo DSC-WX500 en modo auto inteligente, con ISO 80, de 18.2 megapíxeles, de tamaño 4:3, con una resolución de 4896 x 3672 ppp. Para los ángulos restantes se utilizó la cámara del celular Xiaomi serie redmi note 9 pro con un ISO de 108, de resolución 2592 x 1166 ppp, de 3 megapíxeles. El tamaño de la foto fue de 6.67", se activó la opción macro de 1.94 mm con flash e incorporando un lente macro de 15x de marca XENVO. El flash de la cámara ocasionó una sombra en las fotografías, misma que fue eliminada con el editor playmemories home. Además, en las fotos se cortaron secciones no deseadas y se elevó el brillo para mejorar la visibilidad de las fotografías.

2.3 Uso de iNaturalist.

Los registros fotográficos fueron cargados a un proyecto (González & Peralta, 2022) creado específicamente dentro de iNaturalist llamado INPO-CHOCHO (<https://www.inaturalist.org/projects/inpo-chocho-insectos-potenciales-polinizadores-delchocho>) (Figura 1).

Artículo científico: Uso de la App iNaturalist como una herramienta eficaz para identificar los potenciales polinizadores en *Lupinus mutabilis*

Publicación Semestral. Vol. 2, No. 1, enero-junio 2023, Ecuador (p. 1-17)



Figura 1. Portada del Proyecto INPO-CHOCHO en iNaturalist.

Se seleccionó la primera opción sugerida por el algoritmo de la aplicación como identificación del insecto. iNaturalist asoció los principales identificadores para cada espécimen y proporcionó 10 identificadores (usuarios naturalistas) de manera predeterminada. Se seleccionaron al menos 5 identificadores usando el recurso de etiquetas en los comentarios de cada registro. Mientras los usuarios contribuyen con sus identificaciones, se consideró un tiempo de aproximadamente dos meses antes de descargar los resultados taxonómicos en formato CSV. Para la identificación se tomó el resultado del taxón comunitario que entrega el algoritmo de la aplicación, basado en la interacción de los usuarios (naturalistas). Esta identificación taxonómica permitió definir el rol funcional de cada insecto identificado, para esto se usó la información de páginas anexas a iNaturalist como CONABIO, EncicloVida, BugGuide.net, Systema Dipteroorum, Biodiversity Heritage Library y Field/Photo ID for flies.

2.4 Análisis de datos.

Para calificar la eficiencia de la aplicación se tomaron las estadísticas del proyecto que brinda iNaturalist. Se cuantificó el salto taxonómico comparando la identificación inicial (definida por el usuario) versus la identificación final (definida por el algoritmo según la comunidad de naturalistas). Se registró la dominancia tomando en cuenta la representatividad de las especies con mayor número utilizando la fórmula de Simpson (1949), comparando los valores obtenidos con valores propuestos por Ñique (2010).

$$D = s_{i=1}(p_i)^2$$

Donde:

D = índice de Simpson

s = número de especies

p_i = abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Para el índice de diversidad, se agruparon los individuos por género y localidad, utilizando la fórmula de Shannon-Wiener (Shannon, 1949) comparando los valores obtenidos con los rangos de Magurrán (1989).

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log p_i$$

Donde:

H = índice de Shannon-Weiner

S = número de especies

p_i = abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

\log : función matemática

Para obtener la abundancia y diversidad a nivel de orden, los datos se ingresaron a Infostat versión libre.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Utilidad de iNaturalist para identificar insectos y su grupo funcional.

De los 680 registros subidos al proyecto, 194 (28.53%) llegaron a nivel de Grado de investigación y los 485 (71.32%) restantes a nivel de Necesita identificación, logrando identificar a 48 especies (100% insectos) (Figura 2) con ayuda de 108 identificadores a nivel mundial (Figura 3). En este caso fue interesante revisar la información de perfil de los identificadores, ya que muchos de ellos comentaron que no residían en Ecuador por tanto no podían ayudar en las identificaciones.

Artículo científico: Uso de la App iNaturalist como una herramienta eficaz para identificar los potenciales polinizadores en *Lupinus mutabilis*

Publicación Semestral. Vol. 2, No. 1, enero-junio 2023, Ecuador (p. 1-17)



Figura 2. Estadísticas del proyecto INPO-CHOCHO en la app iNaturalist.

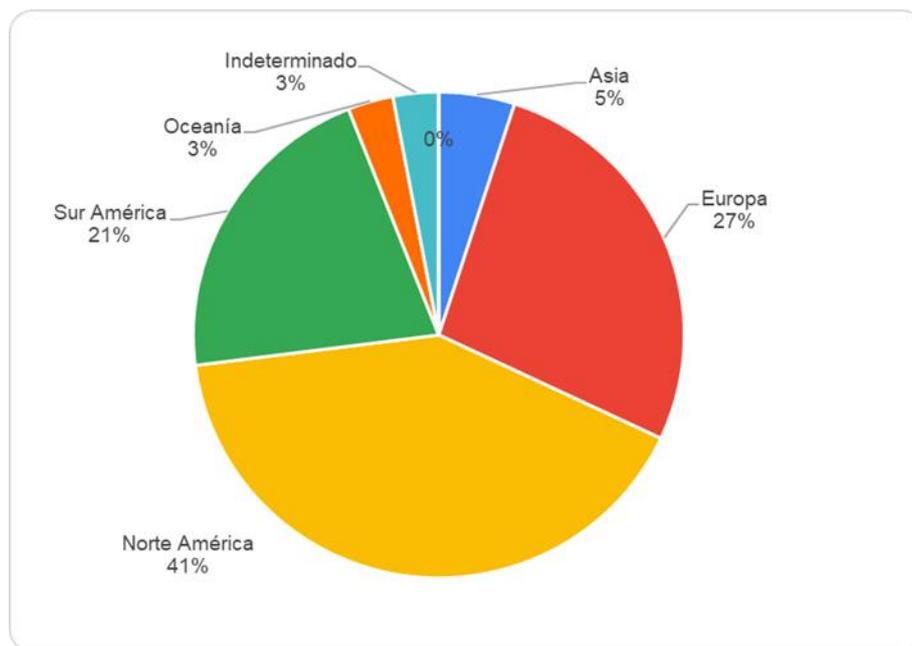


Figura 3. Origen de los identificadores iNaturalist proyecto INPO-CHOCHO

A pesar de contar con un número alto de identificadores en esta investigación y estar afiliada al nodo iNatEc, el 79% de los identificadores participantes que ayudaron a identificar las observaciones de este proyecto residen en otros países no sudamericanos. Norteamérica es el continente con mayor número de identificadores (41%) seguido de Europa (27%). Los identificadores de Sudamérica ocupan el tercer lugar en participación identificando las observaciones (21%). De los 108 identificadores, 8 son ecuatorianos, a pesar de la afiliación

del proyecto a iNatEc. En el trabajo de Callaghan et al. (2022) evidencia la necesidad de tener identificadores y aún más si son de la misma zona donde se realizan las observaciones para que identifiquen al mejor nivel taxonómico, maximizando así la aplicación como una herramienta identificadora de especies.

Tabla 1. Insectos identificados con la aplicación iNaturalist.

Orden	Familia	Subgénero/ Genero	Especie	Link foto	Rol funcional
Coleóptera	Melyridae	Astylus	Astylus bourgeoisi	https://www.inaturalist.org/observations/101362785	Polinizador
	Coccinellidae	Eriopis	Eriopis heliophila	https://www.inaturalist.org/observations/101949230	Depredador
		Hippodamia	Hippodamia convergens	https://www.inaturalist.org/observations/101949099	Depredador
	Scarabaeidae	NA	NA	https://www.inaturalist.org/observations/101368073	Indeterminado
	Carabidae	NA	NA	https://www.inaturalist.org/observations/101252359	Indeterminado
Hemíptera	Miridae	NA	NA	https://www.inaturalist.org/observations/101252452	Plaga
Díptera	Syrphidae	Eristalis	Eristalis bogotensis	https://www.inaturalist.org/observations/101362990	Polinizador
			Eristalis tenax	https://www.inaturalist.org/observations/101440335	Polinizador
		Carposcalis	NA	https://www.inaturalist.org/observations/101124050	Polinizador
		Toxomerus	NA	https://www.inaturalist.org/observations/101171461	Polinizador
		Allograpta	NA	https://www.inaturalist.org/observations/101154531	Polinizador
		Dolichogyna	NA	https://www.inaturalist.org/observations/101948119	Polinizador
		Mallota	NA	https://www.inaturalist.org/observations/101242312	Polinizador
	Calliphoridae	Cynomya	Cynomya cadaverina	https://www.inaturalist.org/observations/101121361	Descomponedor
		Chrysomya	NA	https://www.inaturalist.org/observations/101301141	Descomponedor
	Bibionidae	Dilophus	NA	https://www.inaturalist.org/observations/102002545	Descomponedor
	Muscidae	Muscina	NA	https://www.inaturalist.org/observations/101998386	Polinizador
		Phaonia	NA	https://www.inaturalist.org/observations/101243514	Polinizador
	Stratiomyidae	Hedriodiscus	NA	https://www.inaturalist.org/observations/101241914	Polinizador
	Tachinidae	Tachina	NA	https://www.inaturalist.org/observations/101364409	Parasitoide
		Fannia	NA	https://www.inaturalist.org/observations/101973480	Parasitoide
		NA	NA	https://www.inaturalist.org/observations/101301684	Parasitoide
	Sarcophagidae	NA	NA	https://www.inaturalist.org/observations/101243388	Descomponedor
	Agromyzidae	NA	NA	https://www.inaturalist.org/observations/101966218	Plaga

Artículo científico: Uso de la App iNaturalist como una herramienta eficaz para identificar los potenciales polinizadores en *Lupinus mutabilis*

Publicación Semestral. Vol. 2, No. 1, enero-junio 2023, Ecuador (p. 1-17)

	Asilidae	Epipamponeurus	Epipamponeurus americanus	https://www.inaturalist.org/observations/101096030	Depredador
	Therevidae	Peralia	NA	https://www.inaturalist.org/observations/101108505	Depredador
		Brachylinga	NA	https://www.inaturalist.org/observations/101241397	Depredador
	Tipulidae	Tipula	NA	https://www.inaturalist.org/observations/101166903	Polinizador
		Nephrotoma	NA	https://www.inaturalist.org/observations/101121589	Polinizador
Himenóptera	Apidae	Apis	Apis mellifera	https://www.inaturalist.org/observations/101168855	Polinizador
		Megachile	NA	https://www.inaturalist.org/observations/101970938	Polinizador
		Bombus	Bombus robustus	https://www.inaturalist.org/observations/101950495	Polinizador
	Halictidae	Caenohalictus	NA	https://www.inaturalist.org/observations/101146047	Polinizador
		Neocorynura	NA	https://www.inaturalist.org/observations/101157147	Polinizador
	Formicidae	Pheidole	NA	https://www.inaturalist.org/observations/101950675	Depredador
	Ichneumonidae	Netelia	NA	https://www.inaturalist.org/observations/101122779	Parasitoide
		NA	NA	https://www.inaturalist.org/observations/101167952	Parasitoide
		NA	NA	https://www.inaturalist.org/observations/101241588	Parasitoide
Neuróptera	Hemerobiidae	Nusalala	NA	https://www.inaturalist.org/observations/101242524	Depredador
Lepidóptera	Noctuidae	Mythimna	Mythimna unipuncta	https://www.inaturalist.org/observations/101169119	Plaga
		Feltia	NA	https://www.inaturalist.org/observations/101243982	Plaga
	Pyrilidae	Eulogia	NA	https://www.inaturalist.org/observations/101966855	Plaga
	Zygaenidae	NA	NA	https://www.inaturalist.org/observations/101964280	Plaga
	Nymphalidae	Vanessa	Vanessa altissima	https://www.inaturalist.org/observations/101946873	Polinizador
	Hesperiidae	Lon	Lon taxiles	https://www.inaturalist.org/observations/101964219	Polinizador
	Pieridae	NA	NA	https://www.inaturalist.org/observations/101946998	Polinizador
		Tatochila	NA	https://www.inaturalist.org/observations/101946474	Polinizador
	Lycaenidae	Penaincisalia	NA	https://www.inaturalist.org/observations/101058245	Polinizador

De los 48 especímenes que determinó iNaturalist, 12 llegaron a nivel de especie, 26 a nivel de género y 10 a nivel de familia. Con ayuda de las páginas anexas a la aplicación, se logró determinar que 22 de las 48 especies identificadas son potenciales polinizadores para el cultivo de *Lupinus mutabilis* Sweet (Tabla 1). La propuesta de usar la app iNaturalist como una herramienta para identificar insectos mediante fotografías resulta en un logro exitoso. Investigaciones como la de Yory (2021) y Rosa (2022) sostiene que la aplicación iNaturalist

es elegida en primer puesto a nivel mundial como una herramienta para la identificación de especies por su eficacia y facilidad de uso.

3.2 Mejoramiento del grado taxonómico usando iNaturalist

Se muestra un diagrama de cajas (Figura 4) con la relación orden y su mejoramiento del grado taxonómico usando iNaturalist.

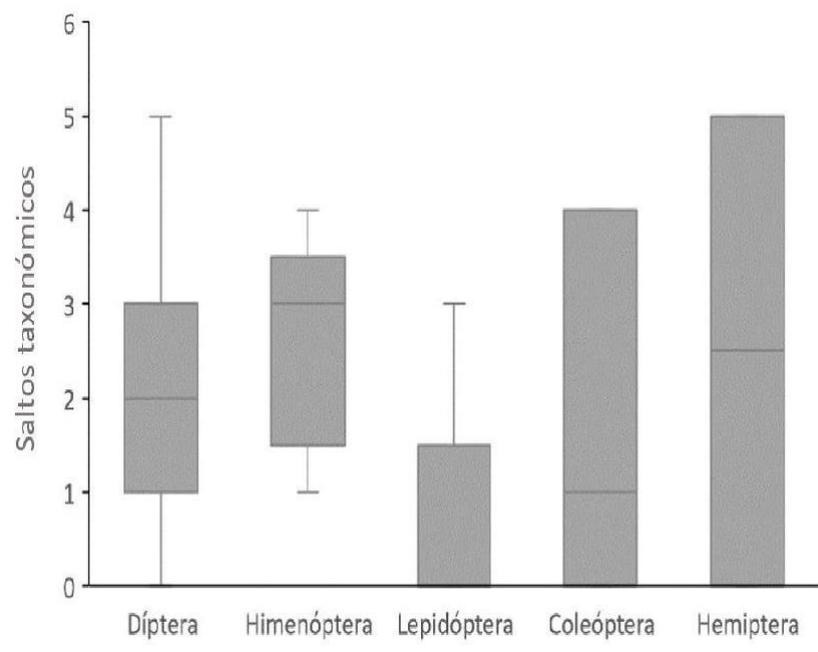


Figura 4. *Mejoramiento del grado taxonómico usando app iNaturalist*

Según este estudio los identificadores tienen mayor participación identificando el orden himenóptera y díptera. En el caso de himenóptera el rango de mejoramiento del grado taxonómico está entre 1 y 4, mientras que en el orden díptero está entre 1 y 3. En lepidóptera el 50% de sus morfoespecies no obtuvieron ningún mejoramiento en el grado taxonómico, elementos que deberán considerarse a la hora de proporcionar ideas para el mejoramiento de la aplicación por la falta de identificadores en este orden considerando la gran diversidad de mariposas existente en nuestro país. Nuestros resultados son constatados por las investigaciones realizadas por Yupa (2022) y Congacha (2022) quienes mencionan que Díptera es el orden más identificado en iNaturalist seguido de Himenóptera.

3.3 Dominancia y diversidad de comunidades de insectos

Artículo científico: Uso de la App iNaturalist como una herramienta eficaz para identificar los potenciales polinizadores en *Lupinus mutabilis*

Publicación Semestral. Vol. 2, No. 1, enero-junio 2023, Ecuador (p. 1-17)

Con la lista de especímenes identificados mediante la aplicación iNaturalist se determinó el índice de dominancia y diversidad.

Tabla 2. Índices de Simpson y Shannon Wiener por localidad

Sitio	H'	D
Cuturivi	0.9175	0.63401694
Carrillo	1.8351	0.20221607
Alaquez	1.9396	0.19240943
Guaytacama	1.7310	0.27375082
Yugshiloma	1.2956	0.39569161

Ubicado a una altura de 3500 msnm, Cuturivi es la única localidad que posee dominancia de una especie (*Astylus bourgeoi*, Melyridae, Coleóptera) (Figura 4). Esta misma localidad posee la menor diversidad de insectos polinizadores. Pierre & Hofs (2010) mencionan que la carga de polen de *Astylus* es tan alta como *Apis*, y lo consideran como un polinizador inesperado pero eficiente. Ubicadas desde los 2950 hasta los 3050 msnm, las localidades de Carrillo, Guaytacama y Alaquez, obtuvieron un valor de riqueza (diversidad) media, sin dominancia de especies. Las investigaciones de Stevens (1992) y Rahbek (1995) constatan con este estudio donde la riqueza de especies disminuye a medida que se asciende en altitud debido a la reducción de la temperatura y que, al no haber diversidad de insectos, predominan ciertas especies que se alimentan de la flora que únicamente se dan en una determinada altitud. La diversidad de todas las localidades es inversamente proporcional a la dominancia. El estudio realizado por Feinsinger (2004) y López et al. (2017) corroboran nuestros resultados ya que mencionan que los índices están bien calculados cuando los índices son inversamente proporcionales.

3.4 Diversidad y abundancia de órdenes

Fueron encontrados 2806 insectos pertenecientes a 6 órdenes. Se aprecia una marcada diferencia en el orden Díptera en cuanto a abundancia (1977) y diversidad (22) de insectos. Coleóptera es el segundo orden más abundante (624) y el cuarto en cuanto a diversidad (5). El coleóptera *Astylus bourgeoi*, como se mostró en el índice de dominancia cuenta con 620

individuos de un total de 624. Himenóptera es el tercer orden en abundancia (140) y el segundo en diversidad (9). Los órdenes neuróptera y hemíptera no tuvieron significancia en los resultados (Figura 5 y 6).

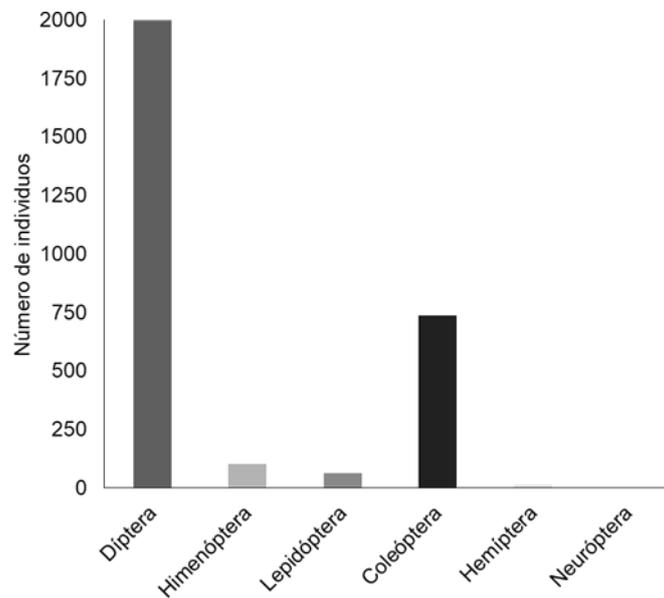
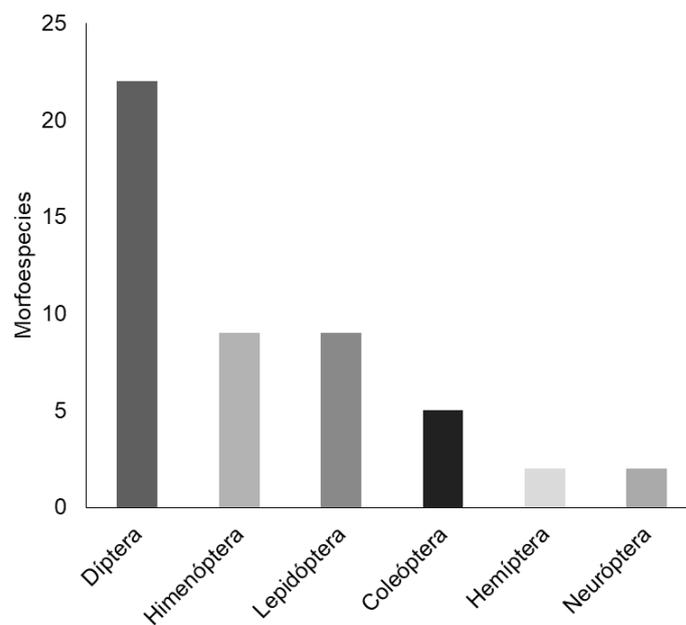


Figura 5. Abundancia a nivel de orden



Artículo científico: Uso de la App iNaturalist como una herramienta eficaz para identificar los potenciales polinizadores en *Lupinus mutabilis*

Publicación Semestral. Vol. 2, No. 1, enero-junio 2023, Ecuador (p. 1-17)

Figura 6. Diversidad a nivel de orden

La abundancia y diversidad de insectos visitantes florales encontrados en *Lupinus mutabilis* Sweet puede ser favorable, ya que aumenta la probabilidad de que existan polinizadores efectivos. Díptera es el orden que se encontró con mayor abundancia y diversidad en este cultivo, resultados que son confirmados en el estudio realizado por Yupa (2022). Sin embargo, Armijos et al. (2020) mencionan que el orden himenóptero es el más abundante en etapas de floración en los cultivos

4. CONCLUSIÓN

iNaturalist se mostró como una poderosa herramienta de ciencia ciudadana identificadora de entomofauna manteniéndose poco explorada en Ecuador. Una herramienta que ofrece un proxy taxonómico bastante interesante al momento de subir el registro fotográfico aún sin la ayuda de los identificadores principales que proporciona esta herramienta.

Esta aplicación es potencializada con la ayuda y participación de identificadores de todos los continentes. A pesar de existir poca participación de científicos ciudadanos suramericanos, teniendo en cuenta que Ecuador es considerado como uno de los países con mayor diversidad, se logró identificar a la mayoría de morfoespecies. Sin embargo, es necesario incrementar esta participación de ecuatorianos identificadores ya que se podría aumentar los niveles taxonómicos de los registros. Sus páginas anexas le brindan un plus a esta aplicación quienes brindan información variada sobre entomofauna. A partir de las identificaciones de los registros obtenidos de iNaturalist se logró determinar la diversidad, dominancia y abundancia de la entomofauna presente en *Lupinus*. La información obtenida de la app puede ser utilizada dentro de estrategias MIPP que ayuden a al entomo-alfabetización enfocada a proteger los polinizadores.

5. REFERENCIAS

- Aizen, M. A., & Harder, L. D. (2009). The global stock of domesticated honey bees is growing slower than agricultural demand for pollination. *Current biology*, 19(11), 915-918. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2009.03.071>
- Álvarez, R. (2016). *Identificación de las plagas en el cultivo de chocho (Lupinus mutabilis sweet) durante su desarrollo fenológico en la parroquia Eloy Alfaro (chan), cantón Latacunga provincia Cotopaxi*. [Tesis de grado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. Dissertations & Theses A&I. <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/3265/1/T-UTC-00532.pdf>
- Allsopp, M., Lange, W. & Veldtman, R. (2008). Valuing insect pollination services with cost of replacement. *PLoS ONE*, 3(9), e3128. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0003128>
- Andrade, G. (1990). ¿Megadiversidad o megaextinción. *Ecológica*, 5. <https://flore.unifi.it/handle/2158/403949>
- Cadena, S., Ortiz, J. & Andrade, M. (2017). Resultados de implementación de la plataforma educativa virtual Universidad Central del Ecuador. *FIGEMPA: Investigación Y Desarrollo*, 4(2), 107–114. <https://doi.org/10.29166/revfig.v1i2.76>
- Caín, J. (2021). *Inaturalist como recurso didáctico para el aprendizaje de Biodiversidad del Ecuador con los estudiantes de quinto semestre de la carrera de Pedagogía de las Ciencias Experimentales Química y Biología, periodo abril-agosto 2020*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Chimborazo]. Dissertations & Theses A&I. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/7557>
- Cajamarca, D. I., Godoy, M. M. P., Escobar, C. P. C., Matveev, L. A. V., & Cárdenas, M. L. V. (2020). Agroquímicos: enemigos latentes para los polinizadores y la producción de alimentos primarios que agonizan. *Contribuciones a las Ciencias Sociales*, (65), 31. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7760495>
- Callaghan, C. T., Mesaglio, T., Ascher, J. S., Brooks, T. M., Cabras, A. A., Chandler, M. & Young, A. N. (2022). The benefits of contributing to the citizen science platform iNaturalist as an identifier. *PLoS Biology*, 20(11). 1-6. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3001843>
- Casa, S. & Clavijo, H. (2018). *Diseño y construcción de una máquina rebanadora de papas chips*. [Tesis de grado, Universidad Técnica de Cotopaxi] Dissertations & Theses A&I. <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4501/1/PI-000727.pdf>
- Cedeño, E. & Murillo, J. (2019). Entornos virtuales y su rol innovador en el proceso de enseñanza. *Revista de Ciencias Humanísticas y Sociales*, 4(1), 119–127. <https://doi.org/10.33936/rehuso.v4i1.2156>
- Congacha, E. (2022). *Identificación de los diferentes insectos polinizadores en los cuatro principales parques de la zona urbana de la ciudad de Latacunga 2021-2022*. [Tesis de grado, Universidad Técnica de Cotopaxi] Dissertations & Theses A&I. <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8989/1/PC-002297.pdf>
- De la Peña Alonso, E., Méndez, V. P., Alcaraz, L., Lora, J., Larrañaga, N., & Hormaza, I. (2018). Polinizadores y polinización en frutales subtropicales: implicaciones en manejo, conservación y seguridad alimentaria. *Ecosistemas*, 27(2), 91-101.
- Droege, S., Tepedino, V., Lebuhn, G., Link, W., Minckley, R., Chen, Q. & Conrad, C. (2010). Spatial patterns of bee captures in North American bowl trapping surveys. *Insect Conservation and Diversity*, 3(1), 15-23. <https://doi.org/10.1111/j.1752-4598.2009.00074.x>
- Feinsinger P. (2004). *El diseño de estudios de campo para la conservación de la biodiversidad*. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. Editorial FAN. <https://www.sidalc.net/search/Record/KOHA-OAI-FCF:9191/Description>

Artículo científico: Uso de la App iNaturalist como una herramienta eficaz para identificar los potenciales polinizadores en *Lupinus mutabilis*

Publicación Semestral. Vol. 2, No. 1, enero-junio 2023, Ecuador (p. 1-17)

- Garibaldi, L. A., Aizen, M. A., Klein, A. M., Cunningham, S. A., & Harder, L. D. (2011). Global growth and stability of agricultural yield decrease with pollinator dependence. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(14), 5909-5914. <https://doi.org/10.1073/pnas.1012431108>
- González, E. & Peralta, F. (2022). Proyecto río Arga: ciencia ciudadana, biodiversidad & educación. <https://zaguan.unizar.es/record/85971>
- Guaña, M. (2019). *Determinación de Zonas Aptitudinales para los Cultivos de Maíz (Zea mays), papa (Solanum tuberosum) y Chocho (Lupinus mutabilis), mediante un modelo geográfico en la Parroquia de Alaquez, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi*. [Tesis de grado, Universidad Técnica de Cotopaxi] Dissertations & Theses A&I. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6310>
- Henoa Bañol, E. R., & Triviño, P. (2013). Técnicas y procesamiento para la recolección, preservación y montaje de mariposas en estudios de biodiversidad y conservación (Lepidoptera: Hesperoidea-Papilionoidea). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 37(144), 311-325. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-9082013000300004&lng=en&tlng=es.
- Guaña, M. (2019). *Determinación de Zonas Aptitudinales para los Cultivos de Maíz (Zea mays), papa (Solanum tuberosum) y Chocho (Lupinus mutabilis), mediante un modelo geográfico en la Parroquia de Alaquez, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi*. [Tesis de grado, Universidad Técnica de Cotopaxi] Dissertations & Theses A&I. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6310>
- Kays, R., McShea, W., & Wikelski, M. (2020). Born-digital biodiversity data: Millions and billions. *Diversity and Distributions*, 26(5), 644–648. <https://doi.org/10.1111/ddi.12993>
- Klein, A. M., Vaissière, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., & Tscharntke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the royal society B: biological sciences*, 274(1608), 303-313. <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rspb.2006.3721>
- López, A., López, G., & Fagilde, M. (2017). Propuesta de un índice de diversidad funcional. Aplicación a un bosque semideciduo micrófilo de Cuba Oriental. *Bosque*, 38(3), 457–466. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002017000300003>
- Márquez, L. J. (2005). Técnicas de colecta y preservación de insectos. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. *Boletín sociedad entomológica Aragonesa*, 37, 385-408. http://seaentomologia.org/Publicaciones/PDF/BOLN_3, 7.
- Marrugán, A. (1989). *Diversidad Ecológica y su medición*. Ediciones Vedral. Barcelona. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-015-7358-0_1
- Mina, D., & Dangles, O. (2020). Nuestra Ciencia. *Nuestra Ciencia*, 18, 53–54. <http://ricaxcan.uaz.edu.mx/jspui/handle/20.500.11845/1540>
- Miñarro, M., García, D. & Martínez, R. (2018). Impact of insect pollinators in agriculture: importance and management of their biodiversity. *Ecosistemas*, 27(2), 81–90. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1394>
- Naranjo, A., Recalde, V., & Bravo, E. (2019). *La situación de las abejas en Ecuador y el mundo*. Edición Ana María Recalde. <http://www.rallt.org/PUBLICACIONES/Polinizadores de la A la Z.pdf>
- Ñique, M. (2010). Biodiversidad: clasificación y cuantificación. *Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú*. 10-12. https://www.researchgate.net/publication/298950055_BIODIVERSIDAD_Clasificacion_y_Cuantificacion
- Peña, L. (2001). *Introducción al estudio de los insectos de Chile*. Edición Universitaria. Santiago, Chile. <https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/17771>
- Padron, P. S., Vásquez, C. B., Durán, S. C., Pezo, K. V., Loyola, N. A., & Junghanns, A. (2021). Use of colored pan traps method for monitoring insect (Diptera and Hymenoptera) diversity in the Southern

- Tropical Andes of Ecuador. *International Journal of Tropical Insect Science*, 41, 643-652. <https://doi.org/10.1007/s42690-020-00252-2>
- Pierre, J., & Hofs, J. (2010). *Astylus atromaculatus* (Coleoptera: Melyridae): Abundance and role in pollen dispersal in Bt and Non-Bt cotton in South Africa. *Environmental Entomology*, 39(5), 1523–1531. <https://doi.org/10.1603/EN09142>
- Rahbek, C. (1995). The elevational gradient of species richness: a uniform pattern?. *Ecography*, 18(2), 200-205. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.1995.tb00341.x>
- Ramirez, L., Alanís, G., Ayala, R., Velazco, C. & Fabela, S. (2014). Using pan traps and netting to collect native bees in Nuevo Leon state, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 30 (3), 508-538. [http://www1.inecol.edu.mx/azm/AZM30\(3\)-2014/AZM30-3-05-Ramirez-et-al-.pdf](http://www1.inecol.edu.mx/azm/AZM30(3)-2014/AZM30-3-05-Ramirez-et-al-.pdf)
- Rice, J., Seixas, C., Elena, M., Bedoya, M., Valderrama, N., & Anderson, C. (2018). Resumen para los responsables de la formulación de políticas del informe de evaluación regional sobre diversidad biológica y servicios de los ecosistemas para las Américas de la Plataforma Intergubernamental Científico-normativa sobre diversidad biológica. *Plataforma Intergubernamental Científico-Normativa Dobre Diversidad Biológica y Servicios de Los Ecosistemas*. https://www.ipbes.net/system/tfd/ipbes_6_15_add.2_spm_americas_spanish.pdf?file=1&type=node&id=28521
- Rosa, R., Cavallari, D., Salvador, R. (2022). iNaturalist as a tool in the study of tropical molluscs. *Plos one*, 1-15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0268048>
- Sánchez, F. & Wyckhuys, K. (2019) Worldwide decline of the entomofauna: a review of its drivers. *Biological Conservation*, 232, 8–27. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.01.020>
- Sawe, T., Eldegard, K., Totland, Ø., Macrice, S., & Nielsen, A. (2020). Enhancing pollination is more effective than increased conventional agriculture inputs for improving watermelon yields. *Ecology and Evolution*, 10(12), 5343-5353. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ece3.6278>
- Shannon, C., & Weaver W. (1949). *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press. Urbana, IL, EEUU. https://pure.mpg.de/rest/items/item_2383164_3/component/file_2383163/content
- Simpson, E. H. (1949). Measurement of diversity. *Nature*, 163, 688-688. <https://doi.org/10.1038/163688a0>
- Stevens, G. C. (1992). The elevational gradient in altitudinal range: an extension of Rapoport's latitudinal rule to altitude. *The American Naturalist*, 140(6), 893-911. <https://doi.org/10.1086/285447>
- Vásquez, V., García, L., Vera, L., Castro, J., & Martínez, M. (2020). Insectos polinizadores en sistemas de producción de *Theobroma cacao L.* en la zona central del litoral ecuatoriano. *Ciencia y Tecnología*, 13(2). 23-30. <https://doi.org/10.18779/cyt.v13i2.389>
- Yory-Sanabria, L. E., Niño-Vega, J. A., & Fernández-Morales, F. H. (2021). La fotografía como estrategia pedagógica para la enseñanza de las ciencias naturales en escuela nueva. *Saber, Ciencia y Libertad*, 16(1), 252-263. <https://doi.org/10.18041/2382-3240/saber.2021v16n1.7531>
- Yupa, A. (2022). Identificación de insectos polinizadores, usando la aplicación iNaturalist en el cultivo de chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*), basada en la utilización de pesticidas para la producción, en 5 parroquias de la provincia de Cotopaxi 2021. [Tesis de grado, Universidad Técnica de Cotopaxi] Dissertations & Theses A&I. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/9221>

Artículo científico: Uso de la App iNaturalist como una herramienta eficaz para identificar los potenciales polinizadores en *Lupinus mutabilis*

Publicación Semestral. Vol. 2, No. 1, enero-junio 2023, Ecuador (p. 1-17)