

Polinizadores del cultivo de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) en sistemas de producción orgánica y convencional



Pollinators of chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) in organic and conventional production systems

Polinizadores do chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) em sistemas de produção orgânicos e convencionais

Miño Gallardo, Oswaldo; López, Guadalupe; Valencia Yaguana, Dania; Yupa Ortiz, Ana

 Oswaldo Miño Gallardo
oswaldoantonio_92@hotmail.com
Universidad Técnica de Cotopaxi, Ecuador

 Guadalupe López
guadalupe.lopez@utc.edu.ec
Universidad Técnica de Cotopaxi, Ecuador

 Dania Valencia Yaguana
daniadanna11@gmail.com
Universidad Técnica de Cotopaxi, Ecuador

 Ana Yupa Ortiz
ana.yupa9412@utc.edu.ec
Universidad Técnica de Cotopaxi, Ecuador

Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias ALFA

Centro de Estudios Transdisciplinarios, Bolivia
ISSN: 2664-0902
ISSN-e: 2664-0902
Periodicidad: Cuatrimestral
vol. 7, núm. 20, 2023
editor@revistaalfa.org

Recepción: 10 Abril 2023
Aprobación: 25 Abril 2023
Publicación: 20 Mayo 2023

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/540/5404212004/>

DOI: <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v7i20.217>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-
NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

Resumen: Los insectos polinizadores están en riesgo de extinción debido a la falta de conocimiento sobre el rol que cumplen en los cultivos y al mal uso de productos químicos. Este estudio se realizó con el objetivo de caracterizar los insectos polinizadores, su abundancia, dominancia y diversidad en cultivos de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) orgánico y convencional en la Provincia de Cotopaxi, parroquias: Aláquez, Cusubamba, Guaytacama, Pujilí y Juan Montalvo. En época de floración se colocaron trampas cromáticas (platos amarillos) con agua y jabón para la captura de los insectos polinizadores y su caracterización se realizó con ayuda de la aplicación iNaturalist. La abundancia en relación a la precipitación, altitud y temperatura se determinó mediante un análisis multivariado y para estimar la diversidad se utilizó el índice de Shannon-Weaver. Se encontró la presencia de: *Astylus*, *Eristalis*, *Carposcalis*, *Toxomerus*, *Allograpta*, *Cynomya*, *Chrysomya*, *Dilophus*, *Tachina*, *Tipula*, *Nephrotoma*, *Apis*, *Caenohalictus*, *Mythimna*, *Penaincisalia*, *Hedriodiscus*, *Platycheirus* y *Megachile*. Las parroquias con menor precipitación alcanzaron mayor abundancia. La temperatura fue el factor limitante para la presencia de los polinizadores. La diversidad en los cultivos orgánicos, alcanzó un promedio de 1,54 (rango bajo) y para la dominancia, índice de Simpson 0,34 (alejado de 1), valores considerados inversamente proporcionales entre sí. En los cultivos convencionales, se encontró un promedio de 1,07 (rango bajo), mientras que la dominancia 0,48 (alejado de 1), siendo resultados inversamente proporcionales entre sí.

Palabras clave: Polinizadores, Aplicación iNaturalist, *Lupinus mutabilis* Sweet, Diversidad, Dominancia.

Abstract: Pollinating insects are at risk of extinction due to the lack of knowledge about their role in crops and the misuse of chemical products. This study was carried out with the objective of characterizing pollinating insects, their abundance, dominance and diversity in organic and conventional chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) crops in the Cotopaxi Province, parishes: Aláquez, Cusubamba, Guaytacama, Pujilí and Juan

Montalvo. During the flowering season, chromatic traps (yellow plates) were placed with water and soap to capture pollinating insects and their characterization was carried out with the help of the iNaturalist application. Abundance in relation to precipitation, altitude and temperature was determined by multivariate analysis and the Shannon-Weaver index was used to estimate diversity. We found the presence of: *Astylus*, *Eristalis*, *Carposcalis*, *Toxomerus*, *Allograpta*, *Cynomya*, *Chrysomya*, *Dilophus*, *Tachina*, *Tipula*, *Nephrotoma*, *Apis*, *Caenohalictus*, *Mythimna*, *Penaincisalia*, *Hedriodiscus*, *Platycheirus* and *Megachile*. Parishes with lower rainfall reached higher abundance. Temperature was the limiting factor for the presence of pollinators. Diversity in organic crops reached an average of 1.54 (low range) and for dominance, Simpson's index 0.34 (far from 1), values considered inversely proportional to each other. In conventional crops, an average of 1.07 (low range) was found, while the dominance 0.48 (far from 1), being results inversely proportional to each other.

Keywords: Pollinators, iNaturalist application, *Lupinus mutabilis* Sweet, Dominance, Diversity.

Resumo: Os insetos polinizadores estão em risco de extinção devido à falta de conhecimento sobre seu papel nos cultivos e ao uso indevido de produtos químicos. Este estudo foi realizado com o objetivo de caracterizar os insetos polinizadores, sua abundância, dominância e diversidade em cultivos orgânicos e convencionais de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) na província de Cotopaxi, nas paróquias de Aláquez, Cusubamba, Guaytacama, Pujilí e Juan Montalvo. Durante a estação de floração, armadilhas cromáticas (placas amarelas) foram colocadas com água e sabão para capturar insetos polinizadores e sua caracterização foi realizada com a ajuda do aplicativo iNaturalist. A abundância em relação à precipitação, altitude e temperatura foi determinada por análise multivariada e o índice de Shannon-Weaver foi usado para estimar a diversidade. Constatamos a presença de: *Astylus*, *Eristalis*, *Carposcalis*, *Toxomerus*, *Allograpta*, *Cynomya*, *Chrysomya*, *Dilophus*, *Tachina*, *Tipula*, *Nephrotoma*, *Apis*, *Caenohalictus*, *Mythimna*, *Penaincisalia*, *Hedriodiscus*, *Platycheirus* . *Megachile*. As paróquias com menor precipitação pluviométrica apresentaram maior abundância. A temperatura foi o fator limitante para a presença de polinizadores. A diversidade nos cultivos orgânicos alcançou uma média de 1,54 (faixa baixa) e, para a dominância, o índice de Simpson foi de 0,34 (distante de 1), valores considerados inversamente proporcionais entre si. Nas culturas convencionais, foi encontrada uma média de 1,07 (faixa baixa), enquanto a dominância 0,48 (distante de 1) foi considerada inversamente proporcional entre si.

Palavras-chave: Polinizadores, Aplicação iNaturalist, *Lupinus mutabilis* Sweet, Dominância, Diversidade.

INTRODUCCIÓN

Según Miniambiente (1) los polinizadores proveen un servicio ecosistémico de producción, tiene beneficios directos en el incremento y estabilidad de la producción de cultivos, mejoran su tamaño, forma y peso del fruto, e indirectos como el servicio ecosistémico de regulación en el medio ambiente. Los polinizadores pueden aumentar la producción en un 75 % de 115 cultivos más importantes del mundo, referente a la producción de alimentos y al valor económico que estos generan (2). Según Reyes (3) la mayoría de los cultivos dependen de los polinizadores para su producción, por lo que es necesario entender su valor y necesidad de preservarlos. Se calcula que sin los polinizadores no se podría tener uno de cada tres bocados de comida que se consume. En términos ecológicos, más del 80% de las 250 mil plantas con flor conocidas en el mundo requieren polinización para llevar a cabo su reproducción sexual (4).

En estos últimos años, se evidencia los altos niveles de amenaza a los que se encuentran sometidos los insectos polinizadores y se confirma los descensos poblacionales de los polinizadores silvestres, lo que está afectando al mantenimiento de la biodiversidad de plantas agrícolas y silvestres, a la estabilidad de los ecosistemas, a la producción de algunos cultivos (5) y al bienestar humano (6,7), Culma y Suárez (8) mencionan que, con el paso de los años la reducción de los insectos polinizadores es muy significativa, en los últimos 60 años se ha visto un descenso alarmante de 24 millones de colmenas de abejas en Estados Unidos. A nivel mundial, según la Lista Roja de IUCN, el 16,5% de polinizadores están amenazados con la extinción. En el contexto mundial un 40% de las especies de abejas están catalogadas como amenazadas (9,10).

Debido al manejo de la agricultura intensiva, incluyendo el uso de agroquímicos y plaguicidas han puesto bajo presión a los polinizadores, dando como resultado la disminución de la diversidad de insectos (11). Según Gómez (12) desde hace años el mundo viene advirtiendo la muerte masiva de abejas a causa del uso indiscriminado de insecticidas, entre los cuales se mencionan imidacloprid, clotianidina, tiametoxam y thiacloprid. El uso de plaguicidas se considera como una de las mayores amenazas para la conservación de la biodiversidad en los ambientes agrarios especialmente para los insectos polinizadores. Además, Sobalvarro y Martínez (13) mencionan que con la revolución verde, se tuvo un cambio importante en el paradigma agrícola, debido a que conlleva a tener nuevas variedades de plantas, semillas, nuevas prácticas agrícolas y un impacto positivo en mayor productividad, pero tuvo un impacto negativo en el desarrollo de plagas generando pérdida de biodiversidad y afectando a los insectos polinizadores.

El cultivo de chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*) en Ecuador se localiza principalmente en la Sierra, en las provincias de Cotopaxi, Chimborazo, Pichincha, Tungurahua, Carchi e Imbabura (14), por su alto valor nutritivo, se distingue por su contenido de proteína y sus características agronómicas, usado dentro de la gastronomía (15). Además, según De la Cruz (16) es una leguminosa que fija nitrógeno atmosférico en cantidades apreciables de 100 kg/ha, restituyendo la fertilidad del suelo. A pesar que es una planta autógama, estudios realizados reportaron una tasa de polinización cruzada que llega hasta el 58.8%, interviniendo ciertos insectos que incrementan su producción, mejorando las características propias del grano y calidad de la semilla (17).

Actualmente el cultivo de chocho, utiliza paquetes agrícolas basados en pesticidas químicos para el control de plagas, lo que afecta directamente a los polinizadores. Entendiendo la importancia de los polinizadores, se debe establecer un manejo de la entomofauna para mejorar sus condiciones, la productividad de los cultivos, buscando un impacto importante sobre el ambiente y salud de los consumidores, por tanto, la agricultura orgánica contribuye a la conservación y supervivencia de agentes polinizadores, además contrarresta amenazas asociadas al declive de los polinizadores favoreciendo su diversidad (18).

Por otro lado, iNaturalist es una plataforma social que anima a las personas a salir y a participar con el mundo natural y registrar toda la variedad de vida que van desde lo floral, faunístico, especies de hongos e incluso signos de actividad como esporas y nidos. Estos organismos se registran usando datos fotográficos, se sincronizan con su ubicación, la hora, el día en que se observó y luego se publican (19). Está conectada con

una comunidad de más de un millón de científicos y naturalistas que ayudan a conocer sobre la naturaleza. Al registrar y compartir observaciones, se crean datos de calidad de investigación para los científicos que trabajan para proteger mejor la naturaleza.

La presente investigación tuvo como propósito caracterizar a los insectos polinizadores en sistemas de cultivo orgánico y convencional de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet), con el fin de generar información científica y difundir su importancia. Dicho conocimiento e información es un estímulo para la conservación y gestión adecuada de estos insectos que aportan con el servicio ecosistémico de la polinización. Mejorando así, las condiciones de los polinizadores y la productividad del cultivo, teniendo un impacto importante sobre el ambiente y la salud de los consumidores.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se desarrolló en dos sistemas de producción de chocho orgánico y convencional en los Cantones de Latacunga (Parroquias de: Aláquez, sector Aláquez, Juan Montalvo, sector Yugshiloma y Guaytacama, sector Guaytacama), Salcedo (Parroquia Cusubamba, sector Carrillo) y Cantón Pujilí (Parroquia Pujilí, sector Cuturivi) de la provincia de Cotopaxi. En los cultivos de chocho orgánico se utilizó como fertilizante un té de frutas en la época de floración acompañado de limpieza de arvenses de forma manual, mientras que en los cultivos de chocho con sistema de producción convencional se utilizaron pesticidas químicos.

Uso de trampas. Para la captura de los insectos polinizadores en los cultivos de chocho se utilizaron trampas tipo plato de color amarillo (Figura 1), en la trampa se agregó 250 ml de agua y 5 ml de jabón líquido neutro, en cada una de las parroquias identificadas con presencia del 50 % de floración, se colocó 1 trampa por cada 1000 metros cuadrados a la altura de la flor manteniéndose sobre el suelo con 3 palos y 3 ligas amarradas al plato. Las trampas se retiraron después de 72 horas.



FIGURA 1
Trampas cromáticas

Manejo de muestras. La separación de la solución (agua con jabón) y los insectos capturados se realizó con ayuda de un colador, los especímenes capturados se colocaron en vasos Urintainer en alcohol al 70 %, para su conservación. A cada muestra se le asignó un código, nombre del agricultor, nombre del sitio de recolección, número de trampa y fecha de recolección. Finalmente, las muestras fueron transportadas al Laboratorio, donde se almacenaron para su posterior manejo, clasificación y preservación.

Laboratorio. Se realizaron 3 revisiones en cada muestra, en la primera, con ayuda de una pinza entomológica, se separaron los insectos de acuerdo a características fenotípicas, luego los insectos se contabilizaron y almacenaron en frascos eppendorfs con alcohol al 70% debidamente etiquetados. En la segunda revisión se unieron los especímenes de las trampas que tenían el mismo código en un solo grupo en vasos Urintainer y en la tercera revisión se morfoespeciaron los insectos más pequeños.

Montaje de insectos polinizadores. Los especímenes recolectados fueron montados con ayuda de pinzas y alfileres entomológicos (Figura 2). Las alas se colocaron en un ángulo recto en relación al eje del cuerpo, el primer par de patas se dirigieron hacia adelante, las otras dos hacia atrás al igual que las antenas. Los insectos se secaron a la sombra por 30 minutos, luego se introdujo un alfiler entomológico en forma perpendicular.



FIGURA 2
Montaje de insectos trampeados

Fotografías. Para las fotografías de los insectos, se elaboró una caja de luz de 210 x 297 mm de espumaflex forradas con cartulinas blancas con la finalidad de proporcionar luz uniforme. Se tomó 6 fotografías a los insectos en 4 ángulos (frontal, dorsal, ventral, lateral y de su ala). Para insectos pequeños por la dificultad de montarlos, se tomaron fotografías en ángulos laterales, dorsal y ventral, se utilizó una cámara fotográfica de Marca Sony, modelo DSC-WX500, con un ISO de 80, de 18,2 megapíxeles, el tamaño de foto fue de 4:3, con una resolución de 4896 X 3672 y flash activado, para las fotografías frontales y sus alas se utilizó una cámara marca Xiaomi serie redmi note 9 pro con ISO de 108, de resolución 2.592x1.166, de 3 megapíxeles, el tamaño de la foto fue de 6.67", con macro de 1.94 mm y flash activado e incorporando un lente macro de 15X de marca XENVO, se utilizó el editor playmemories home para reducir la sombra, recortar la fotografía y mejorar su visibilidad.

Caracterización de los insectos polinizadores. Para la caracterización se cargaron las fotografías en la aplicación iNaturalist, se seleccionaron 6 archivos fotográficos para los insectos grandes y 4 para los pequeños que no se lograron montar por su dificultad al manipularlos. Se registró la fecha en que se retiraron las trampas, ubicación, altitud, nombre del agricultor, etapa de vida, vivo/muerto y evidencia de su presencia. Se seleccionó la primera opción que sugirió de la aplicación sobre la identificación del insecto, seguidamente, con notas se informó su procedencia (cultivo orgánico o convencional) (Figura 3). Posteriormente se asoció a los principales identificadores para cada espécimen. Se seleccionó al menos 5 identificadores usando el recurso de etiquetas en los comentarios de cada registro para que el algoritmo que usó iNaturalist sea más confiable, de esta manera se obtuvo un taxón que representó a la comunidad iNaturalist, luego de 2 meses se descargaron y se obtuvieron los resultados taxonómicos. Con el taxón comunitario se procedió a revisar la literatura para conocer el grupo taxonómico al que pertenece el insecto.



FIGURA 3
Funcionamiento de iNaturalist

Para determinar los rangos y significados de la diversidad, se evaluó considerando la riqueza obtenida de la clasificación taxonómica de la app iNaturalist, se hizo énfasis en los insectos polinizadores identificados a nivel de género, complementándose con el cálculo del siguiente índice de Diversidad de Shannon-Wiener.

$$H = -\sum_{i=1}^s \pi_i \ln \pi_i$$

El procedimiento para el cálculo de diversidad (Tabla 1), consistió en agrupar a individuos por género de cada parroquia. Posteriormente se calculó comparando los valores obtenidos con los rangos de Magurran (20).

TABLA 1
Rangos y significados de Magurran

Rangos y significados		
Diversidad baja	Diversidad media	Diversidad alta
0 - 15	16 - 34	> 35

La Dominancia, se registró tomando en cuenta la representatividad de las especies con mayor número, utilizando la fórmula de Moreno (21).

$$\lambda = \sum p_i^2$$

Para conocer la dominancia (baja o alta), se compararon los valores obtenidos en los diferentes sectores con los que propone (22). Los valores que se aproximan 1 tienen una dominancia alta y los que se aproximen a 0 tienen dominancia baja. Finalmente, se realizó un análisis multivariado (análisis de componente principales y conglomerados), usando el programa estadístico Infostat.

RESULTADOS

En las trampas ubicadas en los cultivos de chocho orgánico en las 5 parroquias en estudio, se capturaron un total de 518 insectos polinizadores, en tanto que, en las trampas en cultivos convencionales en las mismas parroquias se encontraron 642, sustentándose su condición de ser polinizadores, a través de una amplia revisión bibliográfica.

Con la aplicación iNaturalist, en los cultivos de chocho orgánico se caracterizaron 16 géneros (11 no fue posible su identificación a nivel de especie) de polinizadores agrupados en 11 familias y 4 diferentes órdenes. Mientras que, en el cultivo de chocho convencional se ubicaron taxonómicamente en 14 géneros (8 no fue posible su identificación a nivel de especie) y se agruparon en 10 familias y 4 órdenes taxonómicos (Tabla 2).

En el período de floración en los cultivos de chocho sistema orgánico, en las parroquias en estudio, se encontraron un total de 185 especímenes de *Astylus bourgeoi* (Coleóptera: Melyridae), en tanto que, en los cultivos convencionales en las mismas parroquias en estudio se capturaron 282 individuos.

Le sigue en población en los cultivos de chocho orgánico, con un total de 59 especímenes: 44 del género *Eristalis*, 1 de *Allograpta*, 6 de *Carposcalis* y 8 *Toxomerus*, ubicados en la familia Syrphidae, (Orden Díptera). Según Rivera (23) menciona que estos géneros son insectos polinizadores, mientras que, chocho

convencional se encontró un total de 25 individuos género *Eristalis*, 2 individuos del género *Platycheirus* y 6 individuos del género *Toxomerus*.

Dentro de la familia *Calliphoridae*, en cultivos orgánicos de chocho se registraron 56 especímenes, 37 individuos pertenecen al género *Cynomya* y 19 a *Chrysomya*, mientras que en los cultivos de sistema convencional se encontraron 30 del género *Cynomya* y 11 de *Chrysomya*, utilizados en agricultura para mejorar la polinización (24).

Únicamente en los cultivos de chocho orgánico se encontró 1 individuo del género *Tipula* y 4 de *Nephrotoma*, perteneciente a la familia *Tipulidae*. Son similares a los grandes mosquitos y visitantes de la especie de *Eucalyptus obliqua*.

Se capturaron 141 individuos del género *Dilophus* (Familia: *Bibionidae*), es el segundo género más abundante en cultivos orgánicos, en cambio, en los sistemas convencionales, se presentó la mayor población (225 especímenes) en todas las parroquias en estudio.

Se contabilizaron 16 individuos del género *Hedriodiscus* pertenecientes a la familia *Stratiomyidae* en los cultivos orgánicos, en tanto que, en los cultivos convencionales 4 individuos, en las parroquias de Aláquez y Guaytacama. La familia *Stratiomyidae*, tienen una preferencia por los alimentos granulares, por lo que algunos pueden alimentarse de néctar y otros de granos de polen. Es una de las familias con mayor número de especies de visitantes florales (25).

TABLA 2
Ubicación taxonómica de insectos polinizadores capturados en cultivos orgánicos y convencionales de *Lupinus mutabilis Sweet* durante el período de floración, Cotopaxi

Orden	Chocho orgánico			Chocho convencional			
	Familia	Género	Especie	Familia	Género	Especie	
Coleóptera	Melyridae	<i>Astylus</i>	<i>Astylus bourgeoisii</i>	Melyridae	<i>Astylus</i>	<i>Astylus bourgeoisii</i>	
Diptera	Syrphidae	<i>Eristalis</i>	<i>Eristalis bogotensis</i>	Syrphidae	<i>Eristalis</i>	<i>Eristalis bogotensis</i>	
			<i>Eristalis ténax</i>			<i>Eristalis ténax</i>	
			NA			NA	
			<i>Carposcalis</i>	NA			
			<i>Toxomerus</i>	NA	<i>Toxomerus</i>	NA	
			<i>Allograpta</i>	NA	<i>Platycheirus</i>	NA	
		<i>Calliphoridae</i>	<i>Cynomya</i>	<i>Cynomya cadaverina</i>	<i>Calliphoridae</i>	<i>Cynomya</i>	<i>Cynomya cadaverina</i>
			<i>Chrysomya</i>	NA		<i>Chrysomya</i>	NA
		<i>Bibionidae</i>	<i>Dilophus</i>	NA	<i>Bibionidae</i>	<i>Dilophus</i>	NA
		<i>Stratiomyidae</i>	<i>Hedriodiscus</i>	NA	<i>Stratiomyidae</i>	<i>Hedriodiscus</i>	NA
	<i>Tachinidae</i>	<i>Tachina</i>	NA	<i>Tachinidae</i>	<i>Tachina</i>	NA	
	<i>Tipulidae</i>	<i>Tipula</i>	NA				
		<i>Nephrotoma</i>	NA				
Hymenóptera	Apidae	<i>Apis</i>	<i>Apis mellifera</i>	Apidae	<i>Apis</i>	<i>Apis mellifera</i>	
			NA			<i>Megachile</i>	NA
	<i>Halictidae</i>	<i>Caenohalictus</i>	NA	<i>Halictidae</i>	<i>Caenohalictus</i>	NA	
Lepidóptera	Noctuidae	<i>Mythimna</i>	<i>Mythimna unipuncta</i>	Noctuidae	<i>Mythimna</i>	<i>Mythimna unipuncta</i>	
			NA			<i>Hesperiidae</i>	<i>Lon</i>
	<i>Lycaenidae</i>	<i>Penaincisalia</i>	NA				

En la familia *Tachinidae*, se encontraron 10 y 14 individuos del género *Tachina* en cultivos orgánicos y convencional respectivamente. Los adultos se alimentan de flores y de la mielecilla producida por pulgones y escamas, son visitantes florales e importantes polinizadores (26).

En los cultivos convencionales de chocho, en la familia *Apidae* (Orden: *Hymenóptera*), se encontró 38 individuos del género *Apis* y 1 individuo del género *Megachile* en la parroquia de Guaytacama, en tanto que, en los cultivos orgánicos se capturaron 16 individuos de la especie *Apis mellifera*.

Por otro lado, se capturaron 26 y 3 especímenes pertenecientes al género *Caenohalictus*, (familia: Halictidae) en los cultivos de chocho orgánicos y convencionales respectivamente. Son visitantes florales muy abundantes, llevan el polen principalmente en el abdomen y extremidades, es considerado como un visitante floral y polinizador (27).

Dentro del orden Lepidóptera, familia Noctuidae, se encontraron 3 individuos del género *Mythimna*, en un cultivo orgánico y 1 espécimen en un cultivo convencional. Las polillas en su estado adulto se alimentan del néctar de diversas flores y a veces, de otros alimentos dulces, como frutas maduras y en descomposición (28). Se encontró, un (1) solo individuo del género *Penaincisalia* (familia: Lycaenidae) en la parroquia de Guaytacama, en un cultivo orgánico. Es importante mencionar que esta familia puede ser polinizadora de varias especies vegetales (29).

Finalmente, solo en los cultivos convencionales de chocho se encontró 1 individuo del género *Lon* (familia: Hesperiiidae).

Como se observa en el Figura 4, los resultados del presente estudio en el cultivo de chocho orgánico, indican que Aláquez con 1,94, Carrillo con 1,84 y Guaytacama 1,73, tienen una diversidad media de insectos polinizadores de acuerdo con los rangos de Magurran, mientras que Yugsiloma (1,30) y Cuturivi (0,92) tienen una diversidad baja.

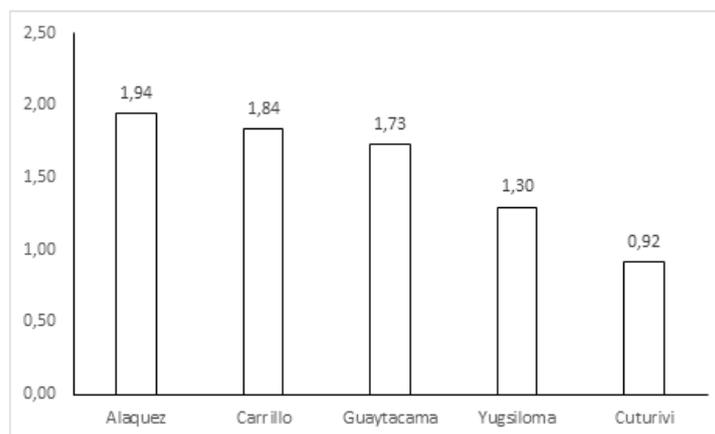


FIGURA 4
Índice de Shannon de las 5 parroquias. Cultivo orgánico de chocho Cotopaxi

En los cultivos de chocho de sistema convencional (Figura 5), en los cinco sitios de las parroquias en estudio (Carrillo, Yugsiloma, Aláquez, Guaytacama y Cuturivi), se ubican en el rango de Diversidad baja.

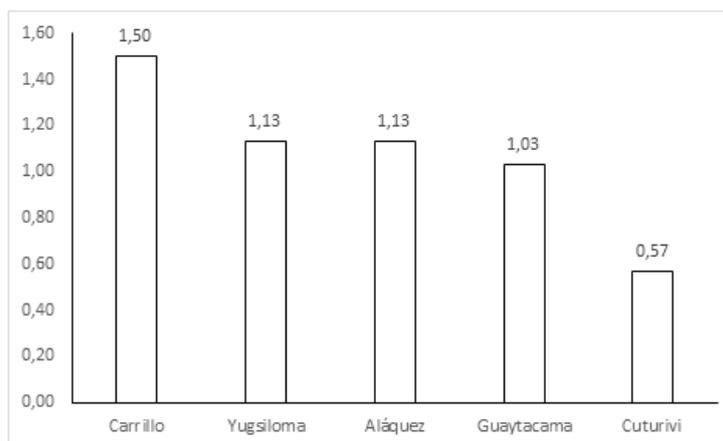


FIGURA 5

Índice de Shannon de las 5 parroquias. Cultivo convencional de chocho Cotopaxi

En relación a la dominancia, en los cultivos de chocho orgánico, de acuerdo a la Figura 6, el sector de Cuturivi posee la mayor dominancia de especie con 0.63 (se aproxima más a 1), seguido de Yugsiloma (0,40). Mientras que, el sitio con menor dominancia de insectos fue Aláquez con 0.19.

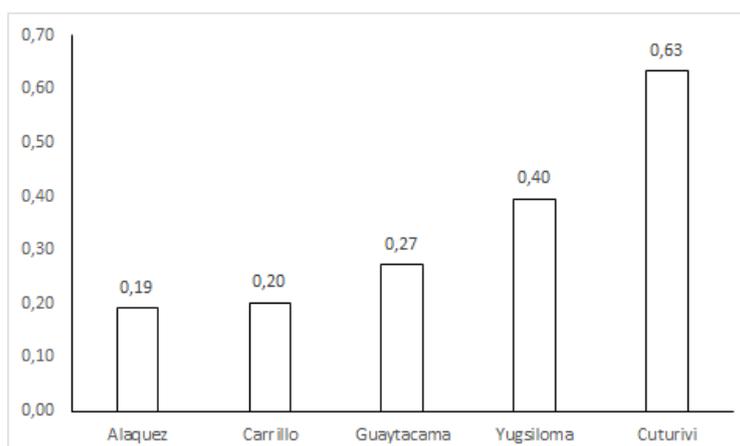


FIGURA 6

Índice de dominancia de Simpson. Cultivo orgánico en las 5 parroquias. Cotopaxi. 2021

En relación a la dominancia (Figura 7), en los cultivos de chocho convencional, el sector de Cuturivi posee la mayor dominancia de especie con 0,67, seguido de Aláquez con 0,52. Mientras que, el sitio con menor dominancia de insectos fue Carrillo con 0,29

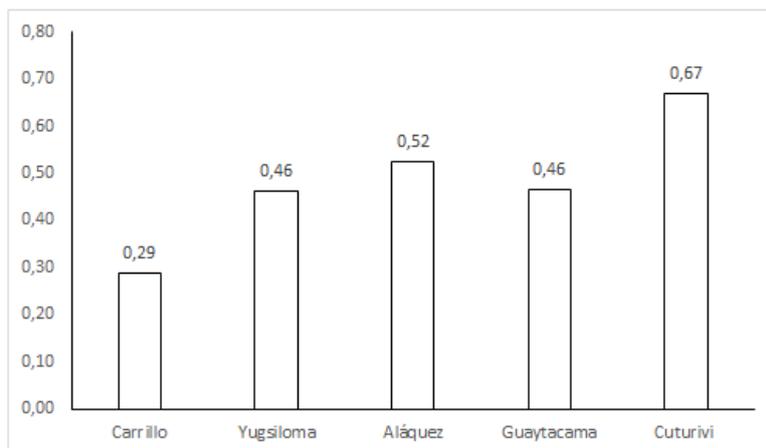


FIGURA 7

Índice de dominancia de Simpson. Cultivo convencional en las 5 parroquias. Cotopaxi. 2021

En el análisis multivariado (Figura 8) para los cultivos orgánicos a), y para cultivos de chocho convencionales b), la variable temperatura no tiene relación con el total de insectos, la variable precipitación afecta a la presencia de insectos polinizadores.

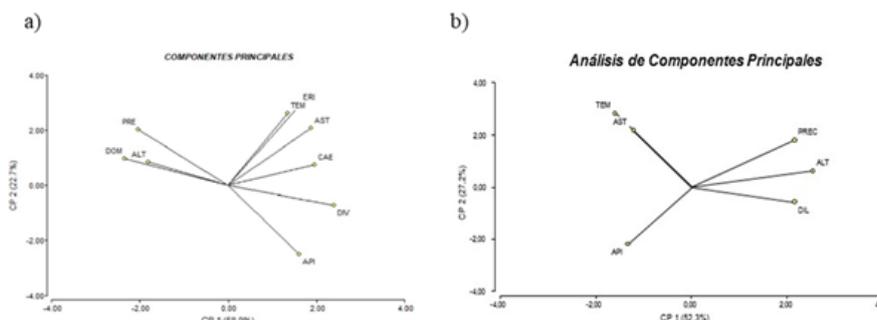


FIGURA 8

Biplot del Análisis de Componentes de cultivos de chocho a) sistema orgánico b) sistema convencional. PRE = Precipitación, TEM = Temperatura, ALT = Altitud, ERI = Eristalis, AST = Astylus, CAE = Caenohalictus, API = Apis, DOM = Dominancia, DIV = Diversidad

En el análisis de conglomerados (Figura 9), en los cultivos orgánicos a), los sitios 4 y 5 son parecidos entre sí, forman un cluster y muestran menor abundancia de insectos polinizadores, con registros de mayor precipitación de 9 a 10 mm. El Segundo sitio más parecido es el 2, formando entre los 3 un solo cluster (4, 5 y 2), lo que significa que son parecidos entre sí, de acuerdo a la abundancia de insectos en relación con las condiciones climáticas.

Por otro lado, los sitios de muestreo 1 (Aláquez) y 3 (Guaytacama) forman un cluster entre ellos y diferente a los demás, por presentar mayor abundancia de insectos polinizadores con precipitaciones de 7 mm a 8 mm. Los resultados corroboran lo afirmado por Sterling (30), que en los días con presencia de lluvias es escasa la visita de polinizadores.

En los cultivos convencionales b), los sitios de muestreo de 1,3 y 4 tienen similitud en función de la abundancia, formando los 3 un clúster. El segundo sitio con similitud es el 2 y 5, formando entre los 2 un solo clúster.

Los sitios 1 (Aláquez), 3 (Carrillo) y 4 (Guaytacama) posee mayor abundancia de insectos polinizadores con precipitaciones menores de 8,67 mm, seguido de los sitios 2 (Juan Montalvo) y 5 (Pujilí) poseen

menor abundancia de insectos, con precipitaciones mayores a 8,9 mm. Mostrando que mientras mayores precipitaciones existen menor abundancia de insectos existirá.

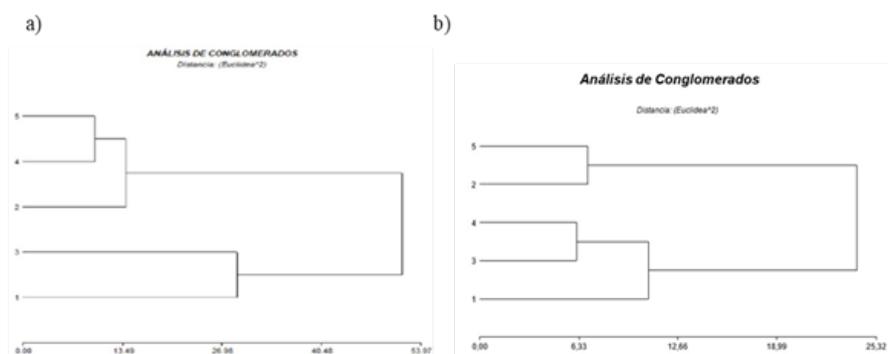


FIGURA 9

Análisis de conglomerados de las 5 parroquias a) cultivos orgánicos, b) cultivo convencional. Aláquez, 1, Yugsiloma 2, Carrillo 3, Guaytacama 4 y Cuturivi 5

DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados en los sitios en estudio, en los cultivos de chocho orgánico se encontraron mayor número de géneros de polinizadores agrupados en más familias en relación a los encontrados en cultivos convencionales, determinándose la influencia de uso de los plaguicidas sobre las poblaciones de polinizadores (Tabla 2).

En los 5 sitios en estudio en la Provincia de Cotopaxi, el género *Astylus*, presentó la mayor población, considerado como un polinizador directo e indirecto, dependiendo de la familia de la flor. En sus visitas a las flores, siempre llevan polen en sus extremidades, ventral, probóscide, en cantidades abundantes o escasas (27). Según Monzón (31) es fitófago y polinizador generalista. Come polen y lo transporta en su cuerpo cuando busca su alimento, le sigue en población el género *Eristalis* que es uno de los grupos mejor adaptados para la alimentación a base de polen, obteniendo prácticamente todos sus requerimientos nutricionales a partir de flores (32).

Por otro lado, únicamente en los cultivos de chocho orgánico se encontraron especímenes de los géneros *Tipula* y *Nephrotoma*, de la familia *Tipulidae*. Respecto el género *Dilophus* (familia: *Bibionidae*), se encontraron en todos los cultivos de chocho convencional, en todas las parroquias en estudio. Los adultos se encuentran principalmente en las flores y de una forma abundante (33), se alimentan del néctar y contribuyen a la polinización cruzada siendo de utilidad en el cultivo de chocho (34). En general la abeja *Apis mellifera* es dominante en la polinización de la mayoría de los cultivos (35), aunque *Astylus bourgeoisi*, en este estudio fue la especie más dominante en la polinización tanto en los cultivos chocho orgánicos y convencionales registrándose en todas las parroquias en estudio, es importante tener en cuenta que, entre las especies colectadas, solamente *A. mellifera* es una especie exótica, hay que mencionar que otras especies como *Bombus*, son eficientes polinizadoras (36).

En los sitios en estudio, la temperatura tiene relación directa con la presencia de insectos y su diversidad, mientras que, la precipitación y altitud están relacionadas de manera directa con la dominancia de insectos e indirectamente con la presencia de insectos y la diversidad. Si la temperatura aumenta, incrementará la presencia y diversidad de insectos. Lo que concuerda con el criterio expuesto por Feinsinger (37).

CONCLUSIÓN

Mediante la aplicación iNaturalist fue posible identificar a nivel de género 17 especímenes de polinizadores en el cultivo orgánico de chocho ubicados taxonómicamente en 11 familias y a 4 órdenes, mientras que en el cultivo convencional fue posible identificar a nivel de género 17 especímenes ubicados en 12 familias pertenecientes a 4 órdenes como insectos polinizadores.

Se determinó que, en los sectores de estudio con producción de chocho orgánico y convencional, existe una estrecha relación entre la precipitación, altitud y la abundancia de insectos polinizadores.

Se determinó que en los sectores con cultivares de chocho manejados orgánicamente se presentó una diversidad media (1,54) y una dominancia promedio baja (0,34), obteniendo resultados inversamente proporcionales entre sí. En tanto que en cultivos convencionales existe una diversidad baja de 1,07 y una dominancia promedio de 0,48.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Miniambiente. Iniciativa Colombiana de Polinizadores. Instituto Humboldt. 2018 Apr. [citado 4 de Apr 2023]; Disponible en: <http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/35163#.XT6KSlN-EJl.mendeley>
2. Garibaldi L, Aizen M, Klein A, Harder L. El crecimiento global y la estabilidad del rendimiento agrícola disminuyen con la dependencia de los polinizadores. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2011 Feb; 108(14). Disponible en: <https://doi.org/10.1073/pnas.1012431108>
3. Reyes J, Ramírez R. Identificación y evaluación de insectos polinizadores del café en tres fincas orgánicas, en el cantón Espíndola-provincia de Loja: Universidad Nacional de Loja; 2016. Disponible en: <http://dspace.unl.edu.ec/handle/123456789/15424>
4. Coro M. La crisis de los polinizadores. *Biodiversitas*, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2009 May. [citado 4 de Apr 2023].
5. Breukelen C, Jaramillo J, Maus C. La importancia de los insectos polinizadores en la agricultura. Bayer Bee Care Center. 2018 Apr; 7(2). Disponible en: https://www.cropscience.bayer.com/sites/cropscience/files/inline-files/BEEINFORMed_No7_-_La_Importancia_de_los_insectos_polinizadores_en_la_agriculturajsliguy.pdf
6. Miteco. Estrategia Nacional Para La Conservación De Los Polinizadores. 2020; p. 93. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/publicaciones/estrategiaconservacionpolinizadores_tcm30-512188.pdf
7. Potts S, Biesmeijer J, Kremen C. Disminución global de polinizadores: tendencias, impactos y factores impulsores. *Trends in Ecology and Evolution*. 2010; 25(6). Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2010.01.007>
8. Culma M, Suárez A. Daño colateral en abejas por la exposición a pesticidas de uso agrícola. *Entramado*. 2018; 14(1). Disponible en: <https://doi.org/10.18041/entramado.2018v14n1.27113>
9. Rice J, Seixas C, Bedoya M. 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 sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas*. 2018; p. 34. Disponible en: http://www.ipbes.net/system/tdf/ipbes_6_15_add.2_spm_americas_spanish.pdf?file=1&type=node&cid=28521
10. Europeo TdC. Protección de los polinizadores silvestres en la UE —Las iniciativas de la Comisión no han dado frutos. *Tribunal de Cuentas Europeo*. 2020. Disponible en: https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocument/s/SR20_15/SR_Pollinators_ES.pdf
11. FAO. Cómo podemos proteger a los polinizadores y promover su papel en las prácticas agrícolas y ambientales. *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. 2016. Disponible en: <https://www.fao.org/fsnforum/es/consultation/pollination?page=1>
12. Gómez L. Abejas y otros insectos polinizadores frente al uso indiscriminado de neonicotinoides y fipronil en Colombia. *Comentarios a la sentencia del 12 de diciembre de 2019 del Tribunal Administrativo de*

- Cundinamarca. Derecho Animal. Forum of Animal Law Studies. 2021; 12(2): p. 9. Disponible en: <https://doi.org/10.5565/rev/da.575>
13. Sobalvarro K, Martínez A. La revolución verde. Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático. 2018. 4(8). Disponible en: <https://www.camjol.info/index.php/RIBCC/article/view/6717>
 14. Bracho K. Efecto del pretratamiento de semillas con calor seco, para el control de Antracnosis y en el rendimiento de chocho. Universidad de las Fuerzas Armadas. 2019. p. 59. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/15926/1/T-IASA I-005486.pdf>
 15. Quisaguano E. Universidad Tecnológica Equinoccial Quito; 2015.
 16. De la Cruz N. Caracterización fenotípica y de rendimiento preliminar de ecotipos de tarwi (*Lupinus mutabilis Sweet*), bajo condiciones del callejón de Huaylas-Ancashi. Biblioteca Agrícola Nacional, La Molina. 2018. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3727>
 17. Struelens Q, Mina D, Dangles O. Efectos combinados de la composición del paisaje y el uso de pesticidas en las funciones de herbívoros y polinizadores en fincas de pequeños agricultores. CABI Agriculture and Bioscience. 2021 Feb; 2(7).
 18. Miñarro M, García D, Martínez R. Los insectos polinizadores en la agricultura: importancia y gestión de su biodiversidad. Ecosistemas. 2018 Aug; 27(2). Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s43170-021-00027-w>
 19. Gallant L. National CREW overview. 2018; 14(10).
 20. Marrugan A. Diversidad Ecológica y su medición. Ediciones Vedral. 1989.
 21. Moreno C. Métodos para medir la biodiversidad Zaragoza. Disponible en: <http://entomologia.rediris.es/sea/manytes/metodos.pdf>
 22. Ñique M. Biodiversidad: clasificación y cuantificación. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Facultad de Recursos Naturales Renovables. ResearchGate. Departamento de Ciencias Ambientales. 2010. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/298950055_BIODIVERSIDAD_Clasificacion_y_Cuantificacion
 23. Rivera R. Evaluación del Manejo Agronómico y Rendimiento del Cultivo de *Lupinus mutabilis sweet* en Tayabamba - La Libertad. Universidad Nacional de Trujillo. 2017. Disponible en: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/9960>
 24. Sánchez O, Rodríguez A. Asesoría científica para la ejecución del plan de actuación para la detección y control del avispon asiático en el principado de Asturias. Departamento de Biología de Organismos y Sistemas. 2020. Disponible en: https://www.asturias.es/documents/217090/556255/asesoria_velutina_uniovi.pdf/f3d90ecb-39b5-9d9e-3f9f-dcc49875ab8a?t=1618810685074
 25. Machado L. La importancia de los dípteros como visitantes florales: una revisión de la literatura. 2010. Disponible en: http://www2.ufpel.edu.br/prg/sisbi/bibct/acervo/biologia/2010/leici_reichert_2010.pdf
 26. Nájera M, Souza B. Guía para su identificación. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Insectos Benéficos. 2010. Disponible en: [https://www.ciaorganico.net/documypublic/551_INSEC_TOS_BENEFICOS_Guia_\(2\).pdf](https://www.ciaorganico.net/documypublic/551_INSEC_TOS_BENEFICOS_Guia_(2).pdf)
 27. Barrios Y, Ramírez N. Importancia de los polinizadores en la reproducción de seis especies de subpáramo del Pico Naiguatá (Parque Nacional El Ávila-Venezuela). Acta Botánica Venezuelica. 2010. 33(2), 213-231. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/862/86219465004.pdf>
 28. Senasica. *Mythimna unipuncta* (Lepidoptera: Noctuidae) Gusano soldado. Dirección General De Sanidad Vegetal Centro Nacional De Referencia Fitosanitaria. 1960; p. 21. [citado 6 de Apr 2023]; Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/633035/Gusano_soldado__Mythimna_unipuncta.pdf
 29. Varela C. Diversidad de mecanismos de polinización entomofílica en dos comunidades de sabanas de la Guayana Venezolana. Diversidad de mecanismos de polinización entomofílica en dos comunidades de sabanas de la Guayana Venezolana. 2010; 5(2): p. 7-22. <https://n9.cl/yl8h9>
 30. Sterling F, Alvarado A, Montoya C. Efecto del clima y la edad del cultivo sobre la varianza de algunos componentes del racimo de la palma aceitera, en Coto (Costa Rica). Centro de Información y Documentación Palmero. 1997; p. 19-30. Disponible en: <https://repositorio.fedepalma.org/handle/123456789/82470>

31. Monzón V, Ruz L, Barahona R. Insectos Polinizadores Nativos De La Zona Central de Chile. ResearchGate, United Nations Environment Programme. 2020; Disponible en: https://gefmontana.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/01/Guia_Polinizadores-GEFMontana.pdf
32. Hurtado P. Estudio del ciclo de vida de sírfidos cristalinos (Diptera, Syrphidae) y bases para su cría artificial. Centro Iberoamericano de La Biodiversidad Instituto. Universidad de Alicante. 2015. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/Estudio-del-ciclo-de-vida-de-s%C3%ADrfidos-cristalinos-y-Asencio/bf6c298138293caea45f851345df87ecd33f1328>
33. Machado L. La importancia de los dípteros como visitantes florales: una revisión de la literatura. 2010. Disponible en: http://www2.ufpel.edu.br/prg/sisbi/bibct/acervo/biologia/2010/leici_reichert_2010.pdf
34. Syngenta. Operación polinizador. Informe final de resultados. 2016; p. 51. Disponible en: https://www.goideas.es/documentos/operacion_polinizador.pdf
35. Cepeda J, Nicholls C, Gómez D. La estructura importa: abejas visitantes del café y estructura agroecológica principal (EAP) en cafetales. Revista Colombiana de Entomología. 2014; 40(2), 241-250. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rcen/v40n2/v40n2a18.pdf>
36. Vitti D, Salto C, Sosa M. Insectos en girasol. Polinizadores, fitófagos y entomófagos. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 2011. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-insectos_en_girasol.pdf
37. Feinsinger P. El diseño de estudios de Campo para la conservación de la Biodiversidad. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia: FAN. 2004. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/282375557/Feinsinger-2004-Diseno-Estudios-de-Campo-Para-La-Conservacion>