Entomofauna asociada a la polinización de frutales caducifolios en condiciones de valle interandino, caso cultivar de Claudia (*Prunus domestica*)

Erika Lizbeth Sarabia Ramos [1]
blg2017070@uea.edu.ec
Jorge Lenin León Arcos. Msc [2]
jl.leona@uea.edu.ec
Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Vida, Carrera de Biología

Resumen

Las poblaciones de polinizadores reportan una disminución mundial a partir del siglo XX, reflejando un serio problema ambiental, económico y de seguridad alimentaria, afectando a los rendimientos agrícolas. Esta investigación está enfocada en conocer la entomofauna asociada a la polinización de frutales caducifolios en condiciones de valle interandino en la especie *Prunus domestica* del cantón Píllaro. Se seleccionó cinco sitios y se realizó cinco capturas en un periodo de cinco meses, en cada uno se colocaron seis vasos-trampa, además, se caracterizaron tres colores distintos de vaso (blanco, amarillo y azul) Sumado a esto también se contabilizó el número de flores durante el proceso de floración y el número de frutos al final de este. Se identificó 15838 individuos distribuidos en 14 órdenes de artrópodos entre los cuales resaltan por su abundancia; Dípteros, Coleópteros, Himenópteros y Tysanoptheros. De acuerdo al índice de Shannon la diversidad es más alta en la granja agroecológica (Vivero) con H'= 0,98±0,16; y la diversidad mas baja la encontramos en presidente Urbina con H'=0,40±0,04. El test ANOSIM, determinó que existe una gran diferencia significativa entre los sitios de muestreo con un valor de (R = 0,64; p= 0,0001). El índice de correlacion (Rho) calculado por cada sitio de muestreo dio como resultado una correlacion positiva para la mayoria de los sitios.

***Palabras Clave**:* polinización, ordenes, vasos trampa, fructificación.

Abstract

Pollinator populations have reported a worldwide decline since the twentieth century, reflecting a serious environmental, economic and food security problem, affecting agricultural yields. This research is focused on the entomofauna associated with the pollination of deciduous fruit trees in inter-Andean valley conditions in the Prunus domestica species in the Píllaro canton. Five sites were selected, and five captures were made in a period of five months, in each one six trap-vessels were placed, in addition, three different colors of glass were characterized (white, yellow and blue). In addition, the number of flowers during the flowering process and the number of fruits at the end of this process were also counted. A total of 15838 individuals distributed in 14 orders of arthropods were identified, among which the following stand out for their abundance: Diptera, Coleoptera, Hymenoptera and Thysanoptera. According to Shannon's index, diversity is highest in the agroecological farm (nursery) with H'= 0.98±0.16; and the lowest diversity was found in the Urbina farm with H'=0.40±0.04. The ANOSIM test determined that there is a significant difference between the sampling sites with a value of (R = 0.64; p= 0.0001). The correlation index (Rho) calculated for each sampling site resulted in a positive correlation for most of the sites.

Keywords: pollination, orders, trap glasses, fruiting.

1. INTRODUCCIÓN

Se conoce que en la provincia de Tungurahua no existen suficientes registros de los polinizadores de Claudia (*Prunus doméstica*), a pesar de que esta planta depende enteramente de ellos para su producción, muchos de los agricultores desconocen su importancia y las consecuencias de que esta población disminuya o desaparezca repercutiendo económicamente a quienes dependen de este cultivo (Collaguazo, 2016).

Estudios de análisis temporal nos han permitido conocer acerca de la disminución de las poblaciones de polinizadores a nivel mundial a partir del siglo XX, tras este fenómeno se ha visto reflejado un serio problema ambiental, económico y de seguridad alimentaria, como consecuencia de esto se ven afectados los rendimientos agrícolas, como ejemplo tenemos el fenómeno del colapso de las colonias de abejas lo cual ha sido manifestado en varios países (Aguilar, 2011). Como factores para que esto suceda asociamos a las actividades humanas como son la fragmentación de hábitats, el cambio en el uso de suelo, los productos químicos tanto agrícolas e industriales, los parásitos, las enfermedades, las especies invasoras, las colisiones en carreteras, el cambio climático y diversas prácticas agrícolas (Millard et al., 2021).

En el cantón Píllaro existe plantaciones de claudia (*Prunus domestica)* con fines comerciales o de consumo familiar. Las familias que dependen económicamente de este fruto mencionan que los ingresos que genera su venta son variados ($10 y 15$ por caja). La población tanto del cantón como de la provincia disfrutan del consumo de este fruto por su gran sabor y textura, debido a que es un fruto que se presenta de manera bianual Moreta, (2017). La importancia económica de este cultivo es porque se ubicada en el segundo lugar después de los duraznos en contexto de producción mundial por su facilidad de recolección, abundante producción y por el hecho de tener varias aplicaciones en el consumo diario, conservas y la creación de vinos (Collaguazo, 2016).

Esta investigación tiene la finalidad de aportar datos sobre los polinizadores, importancia y lo que causaría la perdida de estos dentro del sector agrícola, tomando como referencia a las plantaciones de *Prunus domestica.* Se ha tomado como referencia a este frutal porque es uno de los más producidos dentro del cantón y la provincia. El objetivo de esta investigación es generar una línea base de los órdenes de entomofauna polinizadora en el

cultivo de *Prunus domestica* en condiciones de valle interandino, catalogar estos ordenes de acuerdo con su preferencia de afinidad cromática y analizar la eficiencia de fructificación de los cultivos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS/METODOLOGÍA

2.1. Zona de estudio

El proyecto tuvo como zona de estudio el Cantón Píllaro, en la Provincia de Tungurahua. Está ubicado en un ecosistema Herbazal de páramo MAE, (2013), con una altura de 2855 msnm, con un rango de precipitación de entre 1433mm anualmente; la temperatura varía de 17°C a 10°C. Se seleccionó cinco parroquias del cantón: Santa Teresita ubicado al oeste del Cantón, Ciudad Nueva ubicada al oeste, presidente Urbina ubicada al noroeste, San Miguelito ubicada al sur y la parroquia San José de Poaló que se ubica al noreste (Figura 1). El criterio de selección de los sitios de muestreo fue por los diferentes pisos altitudinales, área y condiciones atmosféricas, mismas que juegan un papel importante durante el proceso de producción de *Prunus domestica*. (Tabla 1).

Tabla 1.

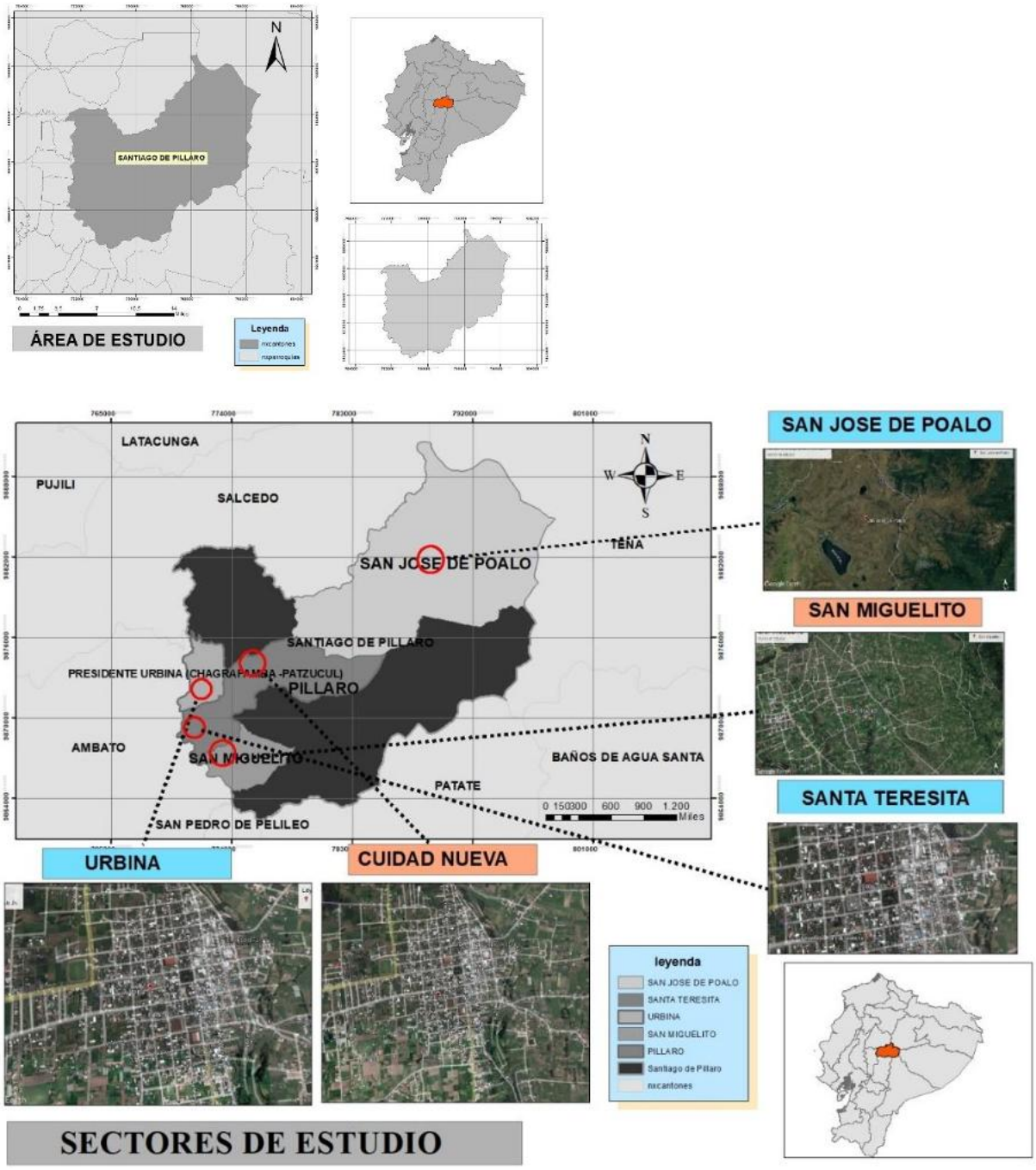
*Características de los sectores de estudio***.**

Lugar	**Altitud (msnm)**	**T° (°C)**	**HR (%)**	**Área (m^2)**
Ciudad Nueva	2751	30 - 40	Nd	321.23
Santa Teresita	2785	Nd	Nd	711.56
San José de Poaló	3247	5-12	73	289.55
San Miguelito	2763	15-17	77	129.49
Presidente Urbina	2871	Nd	76	457.94

Notas: T°: temperatura; HR: humedad relativa; nd: no determinado

Figura 1

Área de estudio



Nota: Zona de estudio establecida en el cantón Píllaro, provincia Tungurahua, Ecuador. Realizado mediante el Software ArcGIS.

2.2.Tipo o diseño de investigación.

Diseño descriptivo-cuantitativo.

La investigación tuvo un enfoque cuantitativo, de alcance descriptivo; se contabilizó el total de los individuos que fueron colectados en las cinco áreas de estudio, procedente a esto se realizó una descripción de estos.

El muestreo se realizó entre los meses de abril y agosto; correspondientes al inicio de la prefloración. Durante este proceso se realizó el conteo de flores que lograron formarse para después convertirse en frutos, con esos datos se efectuó una comparación entre el número de frutos obtenidos y los insectos colectados para conocer la relación entre estos. Para realizar el conteo se fotografió una rama en específico, se usó un teléfono celular marca Huawei con cámara triple de 16 megapíxeles, en la instalación de las trampas en cada una de las colectas. Por cada sitio de muestreo se colocaron 6 vasos-trampa, mismos que estuvieron situados a un metro del suelo, cada trampa constó de tres vasos con colores diferentes y cada uno de ellos contenía como atrayente melaza combinada con agua y jabón neutro. Se realizaron 5 repeticiones por sitio de muestreo cada tres o cuatro semanas. Los colores de vaso que se utilizaron fueron el blanco, azul y amarillo, esto ayudó a conocer la preferencia de afinidad cromática de los polinizadores.

Diseño Experimental

El modelo matemático del diseño experimental que se utilizó para esta investigación fue el de bloques completamente al azar.

El modelo estadístico para este diseño está dado por:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \gamma_j + \varepsilon_{ij}; \begin{Bmatrix} i = 1,2,\ldots,k \\ j = 1,2,\ldots,b \end{Bmatrix}$$

Donde:

$\boldsymbol{Y_{ij}}$ Es la medición que corresponde al tratamiento i y al bloque j

$\boldsymbol{\mu}$ Es la media global poblacional

T_i Es el efecto debido al tratamiento i

γ_j Es el efecto debido al bloque j

e_{ij} Es el error aleatorio atribuible a la medición Y_{ij} (Álvarez, 2016)

Se trabajó con 3 variables: color de los vasos (amarillo, azul y blanco), la localidad y las fechas de colección (antes, durante y después de la floración)

Colocadas las trampas, la colección se realizó después de tres días, este proceso se realizó 5 veces durante el periodo que dura la floración. Con respecto al esfuerzo de muestreo, este fue de 450 días empleados en los cinco bloques con seis repeticiones cada uno. (Tabla 2).

Tabla 2.

Diseño Experimental

Bloques	**5 bloques (áreas de cultivo)**
Tratamientos	Trampas- colores
Repeticiones-tiempo	5 repeticiones
Unidad muestral por repetición	6 muestras
# de muestras total	450Muestras totales

Pasado los tres días se procedió a la colección de los insectos, para el proceso de colecta se utilizó pequeños cuadros de tela de tipo organza, dichos cuadros tenían las medidas de 15x12cm cada uno, estas telas se usaron para poder filtrar el líquido que contenían los vasos para así obtener solamente los insectos, los mismos que fueron colocados dentro de tubos que contenían alcohol al 75% con eso se aseguró su conservación. Cada una de las muestras que se colectaron contaban con su debido código dependiendo el número de muestra, color de vaso, fecha de colección, coordenadas y lugar de colección. Eje.: M1VamSJc1; 29/05/2021.

Para la identificación de los insectos colectados se utilizó conocimientos previos adquiridos durante el estudio de la carrera los mismos que fueron verificados con la ayuda

de claves citadas por Cádiz & Hortas, (2002), los materiales que se utilizaron fueron un estereoscopio, alcohol al 90%, tubos eppendorf de 1.5 ml y pinzas entomológicas.

Las colectas de los individuos se realizaron como parte del "Contrato Marco de Acceso a los Recursos Genéticos entre el Ministerio del Ambiente y la Universidad Estatal Amazónica, del programa "Ecosistemas, biodiversidad y conservación de especies, invertebrados y sus interacciones" MAE-DNB-CM-2018-0087; dentro del proyecto de "Restauración forestal e identificación de indicadores biológicos conexos en la Amazonía Ecuatoriana (ReFIIBiC)" como miembro del grupo científico estudiantil "Restauración Forestal y Bioindicadores Edáficos – ReFoBE".

2.3.Método de investigación

- **Vasos-Trampa**

Para este proyecto se trabajó con la metodología citada por Mena-Mociño et al., (2016), la misma que nos habla de las trampas activas como son las de colores, luz y cebadas lo hacen más selectivamente con el uso de atrayentes específicos tales como olor, color y formas de diseño. Dentro del diseño de las trampas existen formas variadas que depende mucho del tipo de insectos que se desee capturar así también como la finalidad del sistema de trampeo. Por lo mismo se han usado artefactos de plásticos de diversos diseños.

Dentro de esta investigación se trabajó con tres colores que fueron el blanco, el azul y el amarillo, los mismos que ya han sido utilizados en diferentes investigaciones que validan su uso.

Métodos estadísticos

Los datos procesados fueron organizados en una base de datos con la ayuda del programa Excel®, para su posterior análisis estadístico, donde se calculó la diversidad con el índice de Shannon-Wiener con la ayuda del programa estadístico especializado PAST (versión 3.14). Se realizo un diagrama de Venn para conocer cuáles fueron los órdenes específicos para cada lugar según Bardou et al., (2014)

Se hizo un análisis ANOSIM (análisis de similitud de la matriz de abundancia) para conocer la similitud que existió entre los sitios de muestreo y los colores de vaso. El análisis Rho de Spearman esta dado por la interpretación de que los valores próximos a 1; indican

una correlación fuerte y positiva. Valores próximos a –1 indican una correlación fuerte y negativa. Valores próximos a cero indican que no hay correlación lineal

3. RESULTADOS Y DISCUSION.

Dentro de la línea base que ha sido estructurada tras realizar la identificación correspondiente de cada una de las muestras colectadas en los diferentes sitios de muestreo, se obtuvieron 14 órdenes de artrópodos entre los cuales resaltan por su abundancia los siguientes; Dípteros, Coleópteros, Himenópteros y Tysanoptheros, los mismos que se reiteran en los cinco sitios donde se realizó la investigación. (Tabla 3).

Tabla 3

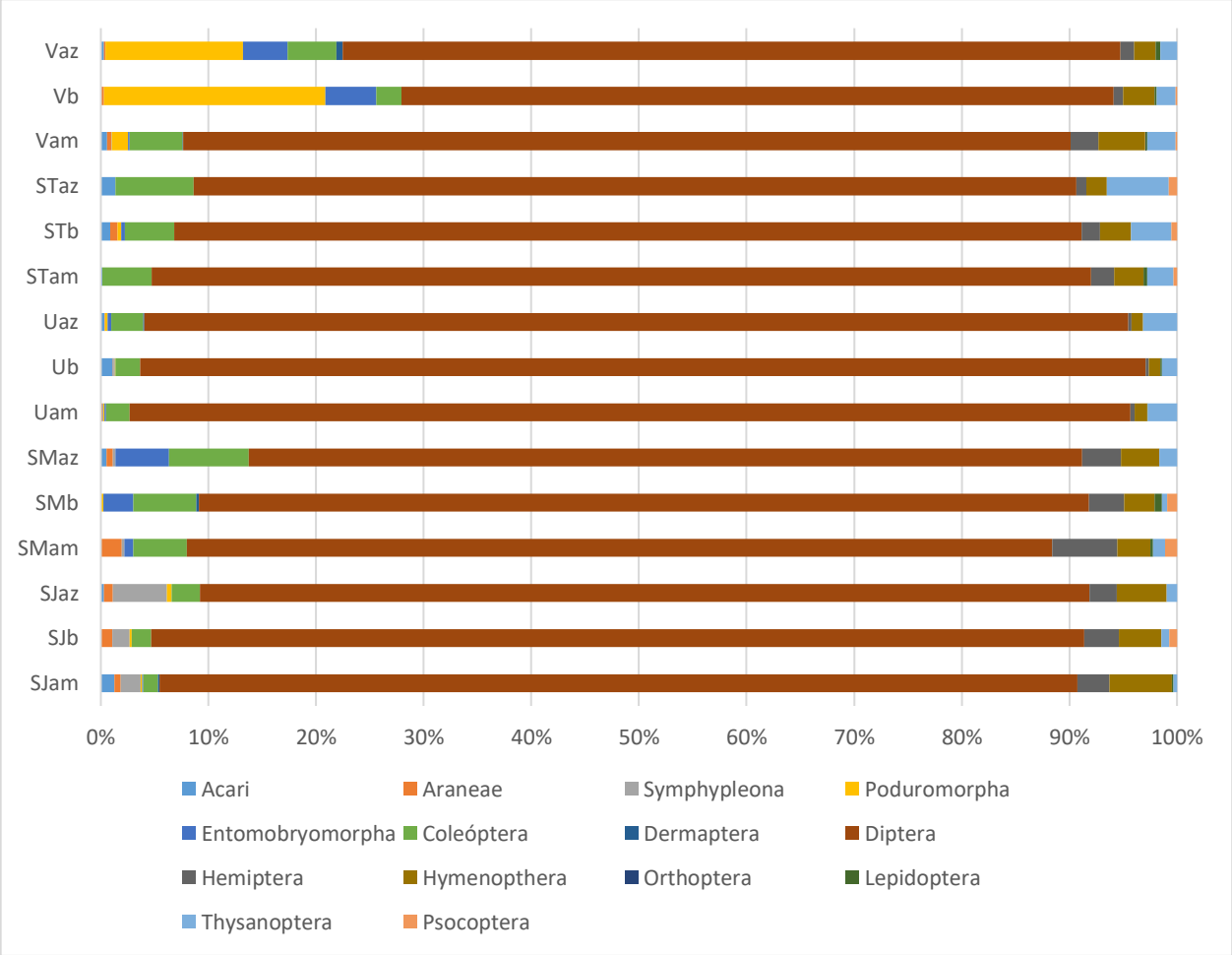
Línea Base

	Sitios De Muestreo. (Abundancia total)				
	San Miguelito	**San José De Poaló**	**Presidente Urbina**	**Granja Agroecológica**	**Santa Teresita**
Órdenes					
Dípteros	927	1810	4260	4955	1460
Coleópteros	70	41	111	288	93
Himenóptera	36	105	51	243	44
Tysanopthera	12	14	112	151	67
Poduromorpha	1	5	6	302	2
Hemíptera	49	62	16	141	28
Entomobryomorpha	33	1	7	68	2
Acari	2	13	20	31	13
Symphypleona	2	61	4	2	-
Araneae	9	17	4	22	4
Lepidóptera	4	1	3	11	2
Psocóptera	8	4	-	8	9
Dermáptera	1	1	1	6	-
Ortóptera	-	-	-	2	-

Los órdenes de artrópodos con mayor porcentaje son los dípteros (+50%), seguidos por los coleópteros e himenópteros, y los que presentaron menor proporción son los ortópteros, dermápteros y por último los psocópteros. Estos datos se encuentran distribuidos en todos los sitios de muestreo y color de vaso que se utilizó (Figura 3).

Figura 3

Porcentaje de órdenes en los distintos sitios de muestreo por color de vaso



Nota: V: Vivero; ST: Santa Teresita; SP: San José de Poaló; SM: San Miguelito; U: Urbina. am: amarillo; az: azul; b: blanco.

Diversidad, abundancia y riqueza de artrópodos en los diferentes sitios de muestreo

Se contabilizó un total de 15838 individuos los cuales se encuentran distribuidos en los 5 sitios de muestreo como se muestra a continuación, el total de ordenes que se identificaron fueron 14, de las cuales la gran mayoría se encontraron compartidas, por último tenemos la diversidad calculada con el índice de Shannon con el cual se concluye que la diversidad es mucho más alta en la granja agroecológica (Vivero) con H'= 0,98±0,16; y la diversidad mas baja la encontramos en presidente Urbina de H'=0,40±0,04. (Tabla 4)

Se cálculo la similitud existente entre los 5 sitios de muestreo con el usó del test ANOSIM, con esto se determinó que existe una gran diferencia significativa entre los sitios de muestreo con un valor de (R = 0,64; p= 0,0001) (Tabla 4).

Tabla 4

Comparación de composición de la comunidad de artrópodos por Sitio de muestreo

	Sitios				
	San José de Poaló	**San Miguelito**	**Presidente Urbina**	**Santa Teresita**	**Granja Agroecologica. (Vivero)**
Riqueza (# ord.)	13	13	12	11	14
Abundancia (# Indv)	1154	2135	4595	6230	1724
Diversidad (H')	0,70±0,07	0,86±0,08	0,40±0,04	0,68±0,09	0,98±0,16
			R= 0,64; *p*= 0,0001		

Con el índice de diversidad Shanonn-Winner se determinó la preferencia cromática de los artrópodos, siendo el color azul el que más destaca debido a que su diversidad es la más alta en comparación al resto de colores (Tabla 5). Según Campbell & Hanula, (2007) nos indican que el uso de diferentes colores en las trampas para la captura de polinizadores influye de manera positiva para este tipo de investigación, además este tipo de trampas son las más adecuadas para poder conocer la diversidad de insectos polinizadores.

De acuerdo con una investigación realizada por Ramírez Freire et al., (2014) en México en la cual nos da a conocer la eficacia del uso de estos colores, donde nos indica que el color azul al igual que el blanco obtuvieron un número similar de insectos, tras realizar los datos estadísticos necesarios. Estos datos son similares a los que se obtuvieron en esta investigación.

Con la aplicación del test ANOSIM, se logró conocer que la diferencia significativa entre los colores de vaso que se utilizó no fue significativa (R=-0,07467; p= 0,796). (Tabla 5)

Tabla 5

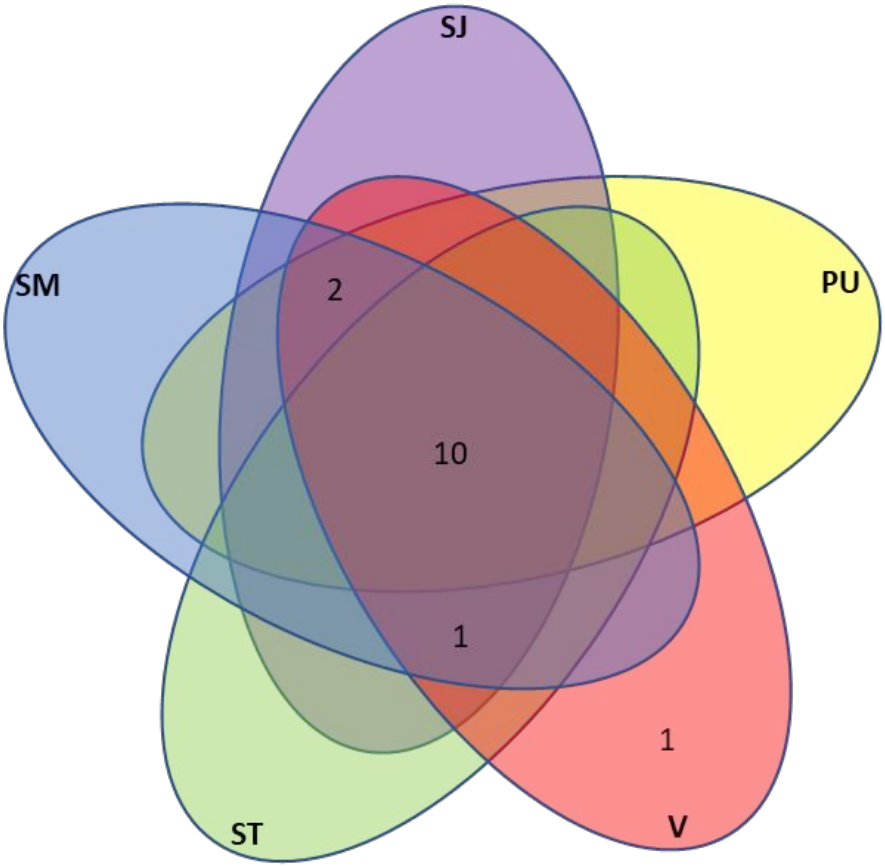
Afinidad cromática de los artrópodos

	Sitios						
Trampa	SJ	SM	U	ST	V	χ^2	*p* valor
Azul							
Riqueza (# spp)	10	9	10	7	11	43,42	2,074 E05
Abundanci (# Indv)	715	364	1236	523	703		
Diversidad (H')	0,57±0,26	0,78±0,43	0,45±0,27	0,71±0,41	0,97±0, 40		
Amarilla							
Riqueza (# spp)	11	10	11	8	14	45,55	1,692 E-05
Abundancia (# Indv)	863	362	2003	615	4847		
Diversidad (H')	0,54±0,20	0,77±0,24	0,42±0,30	0,62±0,28	0,85±0, 34		
Blanca							
Riqueza (# spp)	9	10	10	10	10	46,79	1,049 E-05
Abundancia (# Indv)	557	428	1375	586	680		
Diversidad (H')	0,52 ±0,15	0,7±0,28	0,35±0,12	0,66±0,24	0,84±0, 33		
	R= 0,64; *p*= 0,0001						

En todos los lugares de colecta se determinó que se comparten 10 ordenes (Figura 4). De los cuales dermáptera y ortóptera son los únicos que no presentan individuos en Santa Teresita, de la misma manera psocóptera no presenta especímenes, sin embargo, los ortópteros son exclusivos de la Granja Ecológica.

Figura 4

Diagrama de Venn de la distribución de ordenes por sitios de muestreo.



Nota: SM: San Miguelito; ST: Santa Teresita; SJ: San José de Poaló; PU: presidente Urbina; V: Vivero.

Correlación entre la diversidad de artrópodos y la fructificación

Las fotografías capturadas durante el proceso de floración y fructificación ayudó a contabilizar el número de flores durante el proceso y el número de frutos que se obtuvieron al final del mismo, estos valos se ven reflejados en promedio y desviacion estandar fue calculado para cada uno de los sitios de muestreo para asi poder realizar la comparación con la diversidad de artrópodos estimada (Tabla 5).

Tras implementar el indice de correlacion (Rho) por cada sitio de muestreo se obtuvo como resultado una correlacion positiva para la mayoria de los sitios, esto se debe a que el promedio de la fructificación está altamente asociada a la diversidad de artrópodos que se contabilizó. (Tabla 5).El Vivero ubicado en la Ciudad Nueva con una diversidad H' (0,98±0,16) y fructificación (6,5±2,12), esto dio como resultado una correlación positiva con un valor de Rho (1,7).

Tabla 5:

Índices de correlación entre diversidad de artrópodos y fructificación

Sitios	Diversidad (H')	Fructificación (# frutos/rama)	Floración (# flores/rama)	Correlación (Rho)
SJ	0,70±0,07	6±2,83	22,75±0,95	1,3
SM	0,86±0,08	10,5±0,71	6,00 ± 1,1	1,3
U	0,40±0,04	2±0	15,5± 1,0	0,7
ST	0,68±0,09	4,5±0,71	13,5 ± 0,5	1
V	0,98±0,16	6,5±2,12	12,5 ± 2,08	1,7
	R^2= -0,07	*p* valor=0,8124		

Nota: SJ: San José de Poaló; SM: San Miguelito; U: Urbina; ST: Santa Teresita; V: Vivero.

4. CONCLUSIONES

Se generó la línea base catalogando así los órdenes de posibles artrópodos polinizadores, la clasificación se dio de acuerdo a las trampas (color de vaso) y los 5 sitios de muestreo donde tuvo lugar la investigación. Se identificó un total de 14 órdenes de artrópodos con 15838 individuos en total, los órdenes más abundantes son; díptera con 13412 individuos, coleóptera con 603 individuos e himenóptera con 479.

De acuerdo con el índice de Shannon se concluyó que la Granja Agroecológica (Vivero) es aquella que posee mayor diversidad de individuos con un promedio y una desviación estándar de 0,98±0,16. Con el test ANOSIM se demostró que existe una diferencia muy significativa entre los sitios de muestro esto debido a su ubicación geográfica.

Con respecto a la preferencia cromática se pudo observar que la mayor diversidad de artrópodos estaba presente en el vaso de color azul, sin embargo, al analizar la abundancia se contabilizaron mayor número de artrópodos en los vasos amarillos. Tras implementar el indice de correlacion (Rho) se obtuvo como resultado una correlacion positiva para todos los sitios, indicándonos que a mayor diversidad de artrópodos existirá una mayor producción de *Prunus domestica*.

5. REFERENCIAS

Aguilar, F. N. (2011). La disminución de polinizadores a nivel mundial y las acciones que pueden emprender los sectores público y privado para remediarlo. 150, 2010–2011.

Aguilar, J. M., & Tinoco, B. (2017). Ecología de polinización de *Axinaea merianiae* en una región de los altos Andes de Ecuador: Características de su néctar y aves polinizadoras. *ACI Avances En Ciencias e Ingenierías*, *9*(15), 6–11. https://doi.org/10.18272/aci.v9i15.757

Alvarez Castañón, S. R. (2016). Diseño de bloques completos al azar. https://prezi.com/4wdzf9s3g368/diseno-de-bloques-completos-al-azar/

Bartomeus, I., & Bosch, J. (2018). Loss of pollinators: evidences, causes and consequences. *Ecosistemas*, *27*(2), 1–2. https://doi.org/10.7818/ECOS.1542

Benedeck.P; Finta k. (2006). The effect of néctar production to the gathering behavior of honeybees and to the foraging activity of wild bees at apple flowers.

Campbell, J. W., & Hanula, J. L. (2007). Efficiency of Malaise traps and colored pan traps for collecting flower visiting insects from three forested ecosystems. *Journal of Insect Conservation*, *11*(4), 399–408. https://doi.org/10.1007/S10841-006-9055-4

Carvajal, V. (2011). *Polinizadores (Las Aves)*.

Chalcoff, V. R., Morales, C. L., Aizen, M. A., Sasal, Y., Rovere, A. E., Sabatino, M., Quintero, C., & Capítulo, M. T. (2012). Ecología e historia natural interacciones planta-animal, la polinización capítulo 5 interacciones planta-animal, la polinización 5.

Collaguazo, C. (2016). Análisis de riesgo de plagas de fruta fresca de claudia, *(prunus salicina linsdl.) Y (prunus domestica l.)* Para consumo, originarias de argentina. III(2), 2016.

De Cádiz, U., & Hortas, F. (2002). Clave de identificación de hexápodos y otros artrópodos terrestres.

Ecologistas en accion. (2019). Advierten de las graves consecuencias ambientales sociales y económicas de la reducción de los insectos polinizadores. https://www.ecologistasenaccion.org/121045/advierten-de-las-graves-consecuencias-ambientales-sociales-y-economicas-de-la-reduccion-de-los-insectos-polinizadores-2/

García García, M., Ríos Osorio, L. A., & Álvarez del Castillo, J. (2016). La polinización en los sistemas de producción agrícola: Revisión sistemática de la literatura. *Idesia*, *34*(3), 53–68. https://doi.org/10.4067/S0718-34292016000300008

Garibaldi, L. A., Carvalheiro, L. G., Vaissière, B. E., Gemmill-herren, B., Hipólito, J., Freitas, B. M., Ngo, H. T., Azzu, N., Sáez, A., Åström, J., An, J., & Blochtein, B. (2016). Mutually beneficial pollinator diversity and crop yield outcomes in small and large farms. *Science*, *351*(6271), 388–391.

Garibaldi, L. A., Steffan-Dewenter, I., Winfree, R., Aizen, M. A., Bommarco, R., Cunningham, S. A., Kremen, C., Carvalheiro, L. G., Harder, L. D., Afik, O., Bartomeus, I., Benjamin, F., Boreux, V., Cariveau, D., Chacoff, N. P., Dudenhöffer, J. H., Freitas,

B. M., Ghazoul, J., Greenleaf, S., … Klein, A. M. (2013). Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. *Science*, *340*(6127), 1608–1611. https://doi.org/10.1126/science.1230200

Gonzalez, V. H., Cobos, M. E., Jaramillo, J., & Ospina, R. (2021). Climate change will reduce the potential distribution ranges of Colombia's most valuable pollinators. *Perspectives in Ecology and Conservation*, *19*(2), 195–206. https://doi.org/10.1016/j.pecon.2021.02.010

Hagen, E., & Selys, I. N. (1994). *a Revision of the New World Genus*. *137*(2), 173–269.

Mena-Mociño, L. V., Pineda-Guillermo, S., Martínez-Castillo, A. M., Gómez-Ramos, B., Lobit, P. C., Ponce-Saavedra, J., & Figueroa-De La Rosa, J. I. (2016). Influencia del color y altura de platos-trampa en la captura de bracónidos (Hymenoptera: Braconidae). *Revista Colombiana de Entomología*, *42*(2), 155. https://doi.org/10.25100/socolen.v42i2.6686

Millard, J., Outhwaite, C. L., Kinnersley, R., Freeman, R., Gregory, R. D., Adedoja, O., Gavini, S., Kioko, E., Kuhlmann, M., Ollerton, J., Ren, Z. X., & Newbold, T. (2021). Global effects of land-use intensity on local pollinator biodiversity. *Nature Communications*, *12*(1), 1–11. https://doi.org/10.1038/s41467-021-23228-3

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, & Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. (2018). *Iniciativa Colombiana de Polinizadores*.

Moreta, M. (2017). *La producción de claudia, ante una serie de desafíos | Revista Líderes*. https://www.revistalideres.ec/lideres/produccion-claudia-agricultura-desafios-mercados.html

Naranjo, A., Recalde, V., & Bravo, E. (2019). De la A a la Z Abejas y polinización en Ecuador y el mundo. *Article*, *2*, 112.

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

Plan de desarrollo y ordenamiento terrotorial de Santiago de Pillaro. (2013). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón santiago de pillaro*.

Ramírez Freire, L., Glafiro, A., Ayala Barajas, R., Velazco Macías, C., & Favela Lara, S. (2014). En La Captura De Abejas Nativas En El Estado De Nuevo León, MÉXICO. *30 (3)*, 508–538.

Ramos, X. (2018). *En Ecuador habitan al menos 300.000 especies de insectos | Informes | Noticias | El Universo*. El Universo. https://www.eluniverso.com/noticias/2018/12/16/nota/7098345/ecuador-residen-menos-300000-especies-insectos/

Rodrigo, J. A. (2017). *Análisis de Componentes Principales (Principal Component Analysis, PCA) y t-SNE*. https://www.cienciadedatos.net/documentos/35_principal_component_analysis

Rosado G., M. A., & Ornosa, C. (2013). Polinizadores y biodiversidad. *Apolo, Observatorio*

de Agentes Polinizadores, 160.

Salgado Silvia, C. F. B. S. M. B. J. C. R. K. (2013). *Sistema de Clasificación*.

Stefanescu, C., Aguado, L. O., Asís, J. D., Baños-Picńn, L., Cerdá, X., Marcos García, M., Micń, E., Ricarte, A., & Tormos, J. (2018). Diversity of insect pollinators in the Iberian Peninsula. *Ecosistemas*, *27*(2), 9–22. https://doi.org/10.7818/ECOS.1391

Torres-Díaz, C., Cavieres, L. A., Muñoz-Ramírez, C., & Arroyo, M. T. K. (2007). Consecuencias de las variaciones microclimáticas sobre la visita de insectos polinizadores en dos especies de Chaetanthera (Asteraceae) en los Andes de Chile central. *Revista Chilena de Historia Natural*, *80*(4), 455–468. https://doi.org/10.4067/s0716-078x2007000400007

Túnez. (2009). *Los polinizadores: su biodiversidad poco apreciada, pero importante para la alimentación y la agricultura.*

ANEXOS

MARCO TEÓRICO

- **La polinización.**

La polinización es un proceso esencial para que los funcionamientos de los ecosistemas no se vean afectados y así también la producción de alimentos, debido a que se ha visto afectado por diversas causas antrópicas. (García et al., 2016)

Este proceso depende de la transferencia de polen (célula masculina) desde los estambres (parte masculina de la flor) hasta el estigma (parte femenina de la flor) y hace posible la fecundación, y por lo tanto la producción de frutos y semillas. Aunque se conoce que la polinización puede ser realizada con la ayuda de vectores bióticos (animales) así también abióticos (agua o viento), se sabe que la gran mayoría de plantas con flores dependen de los primeros, especialmente de la que está mediada por insectos. (Pantoja et al., 2014)

Aunque se conoce que también la mayoría de las plantas pueden emplear diferentes formas de reproducción asexual y generar así clones de sí mismas, el intercambio genético que se produce durante la reproducción sexual con la polinización cruzada entre individuos diferentes resulta vital para la buena salud de las poblaciones a corto plazo y para la evolución de las especies a largo plazo. (Rosado. & Ornosa, 2013)

Existen varias formas en las que se da la polinización entre ellas tenemos; la polinización por agua, por viento y también por medio de los animales. Esto depende mucho del tipo de adaptación que poseen las plantas. (Rosado. & Ornosa, 2013)

- **Tipos de polinización**

Dentro del proceso de polinización existen cuatro tipos distintos y cada uno tiene un agente de transferencia diferente el mismo que está especializado para ciertas plantas y hábitats. De esta manera se garantiza que dentro de este proceso se vean beneficiadas la mayoría de las plantas. (Tabla 4)

Tabla 4: Características de la polinización de diversos agentes de transferencia.

Tipo	**Características específicas**		
	Agentes	Grupo de plantas	Eficiencia
Anemófila [1]	Viento	orticaceae, betulaceae, fagaceae, coníferas y las gramíneas.	80-100%
Hidrófila [2]	Agua	Zostera sp	60-70 %
Zoófila [3]	Animales	bromelias, bignonias, lorantáceas, algunos frutales polinizados por murciélagos.	80-90 %
Entomófila [4]	Insectos	frutas y las hortalizas.	80-100 %

Fuentes:

[1-2] (Rosado. & Ornosa, 2013)

[3] (Carvajal, 2011)

[4] (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia et al., 2018)

Tras conocer estos datos podemos describir la eficiencia que posee la polinización entomófila (realizada por insectos) siendo esta de un 80-100%, esto debido a que existe una gran variedad de insectos de los órdenes coleóptera, díptera, himenóptera y lepidóptera, quienes realizan este trabajo dentro de casi todos los ecosistemas desde los más fríos hasta los más cálidos.

Tenemos también que la polinización anemófila (realizada por el viento) presenta una eficacia similar a la anterior, pero hay que tomar en cuenta que este nivel de eficiencia se da solamente si se encuentra en una zona con gran vegetación.

Refiriéndonos a la polinización realizada por los animales vertebrados (zoófila) podemos hablar de una eficiencia de un 80-90%, esto debido a que no todos los animales vertebrados la realizan, en este grupo podemos incluir a las aves y ciertos mamíferos como murciélagos y lémures.

Por último, tenemos que la polinización hidrófila (realizada por el agua) nos presenta una eficacia de apenas un 60-70% ya que los granos de polen son transportados de manera pasiva por las mareas.

- **Importancia de la entomofauna polinizadora**

La polinización que es realizada principalmente por insectos es la responsable de la mayor producción agrícola de alimentos Garibaldi et al., (2016) por lo tanto viene a ser un servicio ecosistémico clave. Sin embargo, muchos cultivos agrícolas entomófilos sufren de limitaciones de producción de la polinización ya que no logran alcanzar la producción máxima (Garibaldi et al., 2016). Es por esta razón es que muchos agricultores han fomentado las practicas ganaderas con la abeja de miel (*Apis mellifera*) (Garibaldi et al., 2013). Por otra parte, los insectos silvestres visitan a los cultivos de manera más consecutiva debido a que estos suponen una fuente muy importante de polen y néctar. (Garibaldi et al., 2013)

Siendo los polinizadores los más importantes dentro de la cadena alimenticia ya que resulta que más del 75% de los cultivos vegetales humanos son polinizados por insectos. Los mismos desde siempre han jugado un papel fundamental para el sustento alimenticio de la mayoría de los seres vivos, entre los principales polinizadores tenemos a las abejas, las mismas que a lo largo de los años han sido sinónimo de alimentación, estas también han sido reconocidas por ayudar a la creación de trabajo para muchos apicultores y agricultores de toda la agricultura que depende de la naturaleza. (Ecologistas en acción, 2019)

Se conoce que existen varios insectos que ayudan a la polinización entre ellos tenemos a las moscas, abejas, avispas y mariposas. Dentro de estos están los dos grupos más grandes e importantes de la polinización: son las moscas (las mismas que son las más abundantes y efectivas) y las abejas. También se sabe que para cada especie de flor existe

una mosca o abeja especializada para la misma. Ya sea por la forma, color, tamaño u olor, las flores utilizan estas características para atraer a los polinizadores. Con esto se busca indicar que si algún tipo de polinizador llegara a extinguirse consigo también nos encontraríamos con la perdida de aquella flor que dependía del arduo trabajo de polinización que realizaba dicho insecto. (Naranjo et al., 2019)

Es sorprendente la diversidad de polinizadores y los sistemas de polinización que estos aplican, la mayoría de las entre 25000 y 30000 especies de abejas (Hymenoptera: Apidae) son polinizadores eficaces e importantes dentro del medio ambiente, junto con las polillas, moscas, avispas, coleópteros y mariposas, polinizan la gran mayoría de las especies de plantas que poseen flores. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia et al., 2018)

- **Descenso de polinizadores a nivel global**

Dentro de las principales causas para que se da el declive de los polinizadores alrededor del mundo es sin duda la perdida de habitad, ya que más del 40% de la superficie terrestre libre de hielo está siendo modificada por el hombre, especialmente para el uso agrícola. Muchos de los polinizadores no logran prosperar en este tipo de ambientes modificados debido a que no se encuentran suficiente alimento o recursos para la nidificación. (Bartomeus & Bosch, 2018)

Según varios estudios se ha estimado que existe un descenso significativo en el número de polinizadores de una manera acelerada, tal cual se ha venido reportando, esto atenta contra la seguridad alimentaria del mundo, ya que se estima que sin la presencia de los polinizadores, no se lograría tener uno de los tres bocados diarios, además se producirán frutos de muy baja calidad nutricional; por la misma razón la comunidad internacional ha unido esfuerzo para monitorear estos cambios a través del establecimiento de la Iniciativa Internacional de Polinizadores. (Pantoja et al., 2014)

Esto se debe a la pérdida del habitad natural, debido a cambios en el uso del suelo para la agricultura, la minería o el desarrollo urbano, esto ha sido identificado como la principal causa de la perdida de polinizadores, para poder evitar esto es necesario fomentar en los agricultores y demás practica que permitan preservar y recuperar los hábitats naturales. (Pantoja et al., 2014)

- **Descenso de polinizadores en plantas cultivadas a nivel global**

A nivel global se conoce que el 87% de las plantas cultivadas, que representa un 35% del suministro global de alimentos, se ve beneficiadas por el proceso de la polinización. (García García et al., 2016)

Se ha determinado en detalle el valor que poseen los polinizadores para los medios de vida sostenible, la producción de cultivos, la producción de semillas y el mantenimiento de la diversidad genética de varios cultivos, así como los recursos forrajeros, adaptación al cambio climático y las situaciones de estrés ambiental. El riesgo de pérdida de los servicios que presta la polinización en los aspectos ya mencionados se ha visto afectado por varios factores como el cambio climático, el cambio de uso de suelo y por el incremento de áreas agrícolas. (Túnez, 2009)

- **Descenso de polinizadores en plantas cultivadas los trópicos**

Se conoce que existe una mayor dependencia de la polinización animal en los trópicos y las regiones montañosas; esta dependencia es incluso mayor en los trópicos que en la media mundial: en los bosques tropicales se conoce que hasta el 95% de árboles de dosel son polinizados por insectos, es por eso que dentro de las zonas tropicales no solo dependen en mayor medida de los animales polinizadores, por la misma razón pueden llegar a ser más susceptibles a la pérdida de los mismos. Gracias al estudio de un grupo de trabajo internacional se ha conocido la particularidad de que, en zonas que poseen una elevada diversidad de plantas, estas están sujetas a una polinización menor y un éxito reproductivo reducido, esto debido a una gran competencia por los polinizadores en estos ecosistemas diversos. Entre ellos se incluye a América del Sur, el Sureste Asiático y los ricos bosques de matorrales. (Túnez, 2009)

A pesar de la magnitud que tiene el impacto del cambio climático variará según su ubicación y temporada, el gran aumento de las temperaturas afectará más a los polinizadores tropicales que a los que viven en otras latitudes. Esto se debe a que los polinizadores tropicales ya viven cerca de la temperatura máxima que estos toleran y poseen una tolerancia térmica mucho más estrecha que los insectos de latitudes más elevadas. Es por esto que los efectos del cambio climático sobre la polinización y polinizadores que habitan en

ecosistemas tropicales se ven mucho más afectados que aquellos que viven en ecosistemas de latitudes elevadas. (Gonzalez et al., 2021)

- **Descenso de polinizadores en rosáceas**

Por la poca presencia de polinizadores en las flores de las rosáceas tras un estudio se pudo verificar que existen una alta presencia de frutos mal formados y de algunos que ni siquiera pudieron llegar a serlo, se pudo conocer también que en ausencia de abejas se triplico la incidencia de frutos mal formados lo mismo que ocasionó una merma del 21% en los frutos con valor comercial. La polinización de este tipo de cultivos es de gran importancia para muchas economías regionales ya que generan ingresos en el ámbito local. (Chalcoff et al., 2012)

- **Descenso de polinizadores en Tungurahua**

Se pudo obtener datos tras hablar con algunos de los propietarios de los terrenos donde se cultiva la claudia (*Prunus doméstica*), estos supieron expresar la baja de producción en este año comparado a los años anteriores, esto se vio reflejado en la cantidad de cajas que se obtuvieron, por ejemplo, dijeron que el año pasado se obtuvo alrededor de 6 cajas por 10 árboles que poseían, en cambio este año solamente se obtuvieron 4 cajas de los mismo 10 árboles.

Evidentemente por la pérdida de polinizadores se han llegado tener problemas con la fertilización de las flores de las claudias ya que esta se presenta muy deficiente, ya que las abejas y abejorros no llegan a polinizar de manera consecutiva, dando como resultado la no fertilización y la baja producción. A este problema también se le suma los fuertes vientos y cambios en el clima. (Benedeck.; Finta, 2006)

Por lo mismo que se debe tomar en cuenta la importancia que tiene la relación entre planta y polinizador altamente especializadas, es decir, donde una planta depende de un determinado polinizador, o viceversa, como lo es la importancia de la polinización para la conservación de varias especies. (Rosado & Ornosa, 2013).

- **Polinizadores en el Ecuador.**

Ecuador no cuenta con un libro rojo de los insectos al igual que el país vecino Colombia, en el cual se indique la distribución de cada uno de las especies, la función que

desempeñan en los diferentes ecosistemas o su estado de conservación, ni siquiera de los pocos descritos por la ciencia que se conoce son parte de la biodiversidad local. Alrededor de unas 300.000 especies de insectos habitan en nuestro territorio de las cuales se han identificado solamente un 5%, es decir, unas 15.000 especies. (Ramos, 2018)

La pérdida de polinizadores dentro del país y alrededor del mundo ha sido expuesta por parte del Plan de Acción para la Conservación Sostenible de Polinizadores de la ONU (2018), con esto se busca poder entregar practicas amables hacia los polinizadores, con apicultores y agricultores, pueblos indígenas y comunidades; para evitar la pérdida de los mismos se sembrarán flores nativas en áreas protegidas. (Naranjo et al., 2019)

Existen lugares que no han sido explorados como la Cordillera del Cóndor, siendo este un lugar megadiverso. (Naranjo et al., 2019)

- **Polinizadores en ecosistemas tropicales**

En los ecosistemas tropicales del mundo, principalmente en los Neotrópico, estos guardan una extraordinaria diversidad de polinizadores, y debido a esta dependencia son más susceptibles a su perdida. En estas regiones la activad polinizadora es mucho más eficiente, por distintos tipos de abejas, reconociéndose alrededor de 5.000 especies para el Neotrópico aproximadamente en 25% del total mundial. (Hagen & Selys, 1994)

En América, Roubik (1995) resalta el papel de *Apis mellifera* en los países tropicales, y describe el proceso de introducción y establecimiento de las razas europeas y la invasión por razas africanas, y cómo éstas han alterado la dinámica de especies de abejas nativas. El autor además hace énfasis en la falta de estudios en relación a la biología reproductiva de los cultivos del cacao (*Theobroma cacao L.*), girasol (*Helianthus annuus*), maracuyá (*Passiflora edulis*), granadilla (*Passiflora ligularis*), pimientos (*Capsicum annuum*), ají (*Capsicum baccatum*), berenjena (*Solanum melongena*), papa (*Solanum tuberosum*), maní, papaya, chayote, vainilla, yuca y tabaco, cultivos tradicionales de los países latinoamericanos. (Pantoja et al., 2014)

Dentro de estos ecosistemas los polinizadores se ven afectados también por el cambio climático, siendo este el problema más grande, se puede demostrar que el efecto del incremento de la temperatura puede llegar a disminuir la biodiversidad.

Se sabe que ciertos insectos y también flores, salen en distintas épocas del año en tiempos muchas veces limitados, esto se ve afectado debido a que existen especies quienes incrementan o disminuyen ya sea con la precipitación o la temperatura. (Naranjo et al., 2019)

Entre los grupos taxonómicos de insectos que trabajan como polinizadores tenemos a los coleópteros, dípteros, himenópteros y lepidópteros, siendo estos polinizadores que realizan la polinización de manera eficaz. (Stefanescu et al., 2018)

- **Polinizadores en ecosistemas Andinos.**

Dentro de los ecosistemas de los Andes se identifica a los colibríes como polinizadores mucho más efectivos que los insectos, para un gran número de especies vegetales. Por lo que, debido a las bajas temperaturas y los fuertes vientos en estas elevaciones han ido promoviendo la polinización por colibríes, ya que estos son activos incluso en condiciones climáticas extremas. (Aguilar & Tinoco, 2017).

Por razones similares es que en estos ecosistemas las actividades de los insectos se ven limitadas. A pesar de estas limitaciones se conocen insectos ectodermos (depende de fuentes de calor externas) quienes realizan el trabajo de polinización siendo estos aquellos que pertenecen a los órdenes díptera y lepidóptera. (Torres et al., 2007)

- **Importancia de la claudia *Prunus doméstica***

El ciruelo (*Prunus doméstica*) pertenece a la familia Rosáceae, conocido como ciruelo europeo este es originario de la región del Cáucaso, la mayoría de su producción se destina al deshidrato, esto por su alto contenido en azúcar, lo cual permite al fruto secarse sin la necesidad de que haya fermentación. (Collaguazo, 2016)

Estos ciruelos necesitan alrededor de 800 a 1500 horas de frio es la razón por la cual se ven muy bien adaptadas a la Sierra del Ecuador, debido a la falta de frio se llega a ver la reducción de la producción, ya que provoca la caída de yemas y limita la polinización cruzada. Estos frutales son capaces de florecer dos veces al año. (Collaguazo, 2016)

La producción de este frutal dentro de la provincia de Tungurahua es una de las más altas generando alrededor de 10 toneladas anuales, en comparación a las diferentes provincias del país que también la producen, como son las provincias de Azuay, Cotopaxi, Chimborazo, Imbabura, Loja y Bolívar, las cuales generan tan solo siete toneladas por año. (Moreta, 2017) Dentro del cantón se desconoce el número exacto de familias que dependan

enteramente de la producción de *Prunus domestica* ya que muchos lo acompañan con otras actividades como la silvicultura, pesca y la producción de otros alimentos. (Plan de desarrollo y ordenamiento terrotorial de Santiago de Pillaro, 2013) esto se debe a que los precios de las cajas de 40lb de este producto puede variar de entre los 10$ y 25$ cada uno, este precio depende de la cantidad y calidad de producción que se registre. (Moreta, 2017)

La investigación está siendo realizada dentro del cantón Píllaro, perteneciente a la provincia de Tungurahua la cual posee 500ha de plantaciones de este cultivo (Moreta, 2017) debido a que este es uno de los cantones que posee la más alta producción de *Prunus doméstica* con alrededor de 378,39ha, así también sus características altitudinales y ambientales son las más adecuadas para su correcta y eficaz producción. (Plan de desarrollo y ordenamiento terrotorial de Santiago de Pillaro, 2013).