



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
COORDINACIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

DOCTORADO EN CIENCIAS EN AGRICULTURA MULTIFUNCIONAL
PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE

IMPORTANCIA SOCIOAMBIENTAL DE LOS INSECTOS EN SISTEMAS AGROFORESTALES
EN UN BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA

TESIS:

Que como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS EN AGRICULTURA MULTIFUNCIONAL PARA EL
DESARROLLO SOSTENIBLE

PRESENTA

CLAUDIO ROMERO DÍAZ

BAJO LA DIRECCIÓN DE:

Dr. Saúl Ugalde Lezama



APROBADA



Chapingo, Estado de México, agosto de 2024

IMPORTANCIA SOCIOAMBIENTAL DE LOS INSECTOS EN SISTEMAS AGROFORESTALES EN UN BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA

Tesis realizada por **CLAUDIO ROMERO DÍAZ** bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

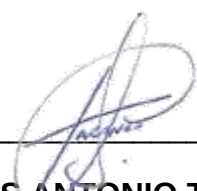
**DOCTOR EN CIENCIAS EN AGRICULTURA MULTIFUNCIONAL
PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE**

DIRECTOR:  _____

DR. SAÚL UGALDE LEZAMA

CODIRECTOR:  _____

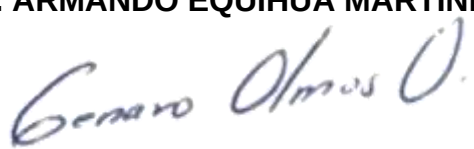
DR. EDUARDO VALDÉS VELARDE

ASESOR:  _____

DR. LUIS ANTONIO TARANGO ARÁMBULA

ASESOR:  _____

DR. ARMANDO EQUIHUA MARTÍNEZ

LECTOR EXTERNO:  _____

DR. GENARO OLMOS OROPEZA

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ABREVIATURAS USADAS.....	IX
DEDICATORIAS.....	X
AGRADECIMIENTOS.....	XI
DATOS BIOGRÁFICOS.....	XII
1. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	2
1.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
1.2. Presentación de la tesis.....	5
1.3. Literatura citada.....	6
2. INSECTS: AN ALTERNATIVE FOR SUSTAINABLE PRODUCTION IN MEXICO.....	9
2.1. ABSTRACT.....	9
2.2. INTRODUCTION.....	9
2.3. MATERIALS AND METHODS.....	10
2.4. RESULTS AND DISCUSSION.....	10
2.4.1. Cultural value of insects in Mexico.....	10
2.4.2. Nutritional value of the insects.....	11
2.4.3. Ecological importance of insects.....	12
2.4.4. Commercialization of insects in Mexico.....	13
2.4.5. Perspectives of consumption of insects in Mexico.....	13
2.5. CONCLUSIONS.....	14
2.6. REFERENCES.....	14
3. INSECTOS COMESTIBLES: UNA ALTERNATIVA PARA COADYUVAR A LA SEGURIDAD ALIMENTARIA (ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO 2014-2023) .	17
3.1. RESUMEN.....	17
3.2. ABSTRACT.....	17
3.3. INTRODUCCIÓN.....	18
3.4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	20

3.5.	RESULTADOS.....	21
3.5.1.	Análisis histórico de la producción científica.....	21
3.5.2.	Publicaciones científicas registradas por país	21
3.5.3.	Análisis de autores	22
3.5.4.	Co-citación de autores.....	25
3.5.5.	Análisis de revistas.....	26
3.5.6.	Análisis clúster.....	27
3.5.6.1.	Co-ocurrencia	27
3.5.7.	Análisis histórico.....	29
3.5.8.	Red de colaboración entre países	29
3.5.9.	Mapa temático	30
3.6.	DISCUSIÓN	31
3.7.	CONCLUSIONES	33
3.8.	AGRADECIMIENTOS	34
3.9.	LITERATURA CITADA.....	34
4.	CULTURAL PRACTICES AND IMPORTANCE OF THE FLORISTIC-LIVESTOCK COMPONENT IN AGROECOSYSTEMS OF ATZALAN, XOCHIAPULCO, PUEBLA.....	39
4.1.	ABSTR ACT	39
4.2.	RESUMEN	40
4.3.	INTRODUCTION.....	41
4.4.	MATERIAL AND METHODS.....	42
4.5.	RESULTS AND DISCUSSION.....	44
4.6.	CONCLUSIONS.....	56
4.7.	REFERENCES.....	56
5.	ENTOMOFAUNA ASOCIADA CON SISTEMAS AGROFORESTALES INMERSOS EN BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA EN ATZALAN, XOCHIAPULCO, PUEBLA, MÉXICO.....	67
5.1.	RESUMEN	67
5.2.	INTRODUCCIÓN	67

5.3.	MATERIALES Y MÉTODOS	69
5.4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	70
5.5.	CONCLUSIONES	82
5.6.	AGRADECIMIENTOS	82
5.7.	REFERENCIAS.....	82
6.	INSECTOS ADULTOS ASOCIADOS A SISTEMAS AGROFORESTALES INMERSOS EN BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA, DE ATZALAN, XOCHIAPULCO, PUEBLA.....	85
6.1.	RESUMEN	85
6.2.	ABSTRACT	86
6.3.	INTRODUCCIÓN	86
6.4.	METODOLOGÍA	88
6.5.	RESULTADOS.....	89
6.6.	DISCUSIÓN	95
6.7.	CONCLUSIONES	98
6.8.	AGRADECIMIENTOS	98
6.9.	LITERATURA CITADA.....	98
7.	CONCLUSIONES GENERALES	108

ÍNDICE DE CUADROS

Table 1. Medicinal value of some entomological groups in Mexico.	11
Table 2. Magical, mystical, and religious use of some entomological groups in Mexico.	11
Table 3. Value of ludic use of some entomological groups in Mexico.....	12
Table 4. Value of aesthetic and decorative use of some insects in Mexico.	12
Table 5. Average price for the sale of some edible insects in Mexico.	14
Tabla 6. Parámetros de búsqueda de la literatura científica consultada en las bases de Scopus.	20
Tabla 7. Principales autores que abordan el tema de insectos comestibles a nivel mundial.	23
Tabla 8. Artículos científicos más citados a nivel mundial sobre el tema de insectos comestibles.....	24
Tabla 9. Revistas de mayor relevancia científica a nivel mundial sobre el tema de insectos comestibles.....	26
Tabla 10. Grupos temáticos de co-ocurrencias sobre el tema de insectos comestibles.....	28
Tabla 11. Detalle del clúster de emparejamiento bibliográfico entre países.....	29
Table 12. UPF structure in each study unit.....	44
Table 13. Day wages are employed in the cultural practices of the milpa system.	45
Table 14. Quantity and cost of the fertilizer applied during the development of the milpa system.	45
Table 15. Yield and sale price of the products derived from the milpa system.	46
Table 16. Production costs and benefit-cost analysis of the milpa system.	48
Table 17. The cultural importance of the livestock species registered in the UPFs.	51
Table 18. Main components of the type of use used for the registered vegetation.	51
Table 19. Main components of the livestock use of the registered species.	52
Table 20. Tukey's analysis for the number of species recorded for each type of use.	53
Table 21. External tasks that contribute financially to the UPF.....	55
Cuadro 22. Clasificación taxonómica y frecuencia de insectos por cada familia registrada.	70
Cuadro 23. Índice de frecuencia de observación y abundancia relativa de las familias registradas en cada condición evaluada.....	73

Cuadro 24. Hábitos alimenticios de las familias de insectos registrados.	75
Cuadro 25. Resultados de Kruskal-Wallis para la abundancia, riqueza y diversidad registrada en los SAF evaluados.	79
Cuadro 26. Resultados de χ^2 para la abundancia, riqueza y diversidad registrada.	80
Cuadro 27. Resultados absolutos y porcentuales de los clústeres conformados con la abundancia y riqueza de familias de insectos registrados.	80
Tabla 28. Resultados de Kruskal-Wallis para los insectos registrados por cada monitoreo aplicado.	91
Tabla 29. Resultados de χ^2 para la proporción de registro en las abundancias de los órdenes de insectos analizados.	91
Tabla 30. Componentes principales de las actividades registradas para los órdenes de insectos analizados.	92
Tabla 31. Variables del hábitat y vegetación que determinaron la presencia de los órdenes de insectos registrados en los sistemas agroforestales evaluados.	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Publicaciones científicas registradas (2024-2023) sobre el tema de insectos comestibles.....	21
Fig. 2. Producción científica registrada por los 10 primeros países y su contribución sobre el tema de insectos comestibles.	22
Fig. 3. Contribución científica sobre el tema de insectos comestibles registrados en los diferentes países.	22
Fig. 4. Red de co-citación entre autores de documentos referentes al estudio de insectos comestibles para el periodo de 2014-2023.	25
Fig. 5. Lista de revistas e instituciones con mayor número de publicaciones referentes al tema de insectos comestibles.	27
Fig. 6. Mapa bibliométrico de la red de co-ocurrencias con 41 términos seleccionados a partir de documentos referentes a los insectos comestibles en un periodo de 2014-2023.	28
Fig. 7. Mapa bibliométrico del análisis histórico y la tendencia de estudio relacionado a los insectos comestibles.	29
Fig. 8. Redes de colaboración entre países que desarrollan estudios dirigidos al tema de insectos comestibles.	30
Fig. 9. Mapa temático de la situación actual y la tendencia que muestran los estudios relacionados al tema de insectos comestibles.....	31
Figure 10. The number of useful species for each registered floristic resource family.	49
Figure 11. Percentage and type of use of the different registered floristic species.	50
Figure 12. Cultural use of plants and their distribution in the agroecosystem. .	50
Figure 13. Results of the ACP Bi-plot of the type of use of the recorded vegetation.	52
Figure 14. Results of the ACP Bi-Plot for the livestock resource and its type of use.	53
Figure 15. Hart diagram showing the interaction between the components of the agroecosystem.....	54
Figura 16. SAF evaluados y métodos de seguimiento para la colecta de insectos: A) Componente agrícola, B) Componente pecuario, C) Captura de insectos mediante red de golpeo, D) Colecta con trampas malaise.	70
Figura 17. Riqueza (Jackknife1) de familias registradas en los SAF analizados: A) Agrosilvícola; B) Agrosilvopastoril; y C) Resumen general de los sistemas.	78

Figura 18. Análisis clúster de la abundancia de familias de insectos registrados en los diferentes monitoreos. Nota: la línea horizontal (línea euclídea) define el número de clústeres de cada condición evaluada; los colores muestran la agrupación de los monitoreos con mayor similitud en la abundancia de familias registradas.	81
Figura 19. Análisis clúster de la riqueza de familias de insectos registrados en cada monitoreo. Nota: la línea horizontal (línea euclídea) define el número de clústeres de cada condición evaluada; los colores muestran la agrupación de los monitoreos con mayor similitud en riqueza de familias registradas.	81
Figura 20. Ordenes de insectos registrados en los agroecosistemas evaluados.	90
Figura 21. Índice de abundancia relativa para los órdenes de insectos registrados.	90
Figura 22. Representación gráfica de las frecuencias de cada una de las actividades realizadas por los diferentes órdenes de insectos registrados.....	92
Figura 23. Inercia registrada entre las actividades descritas para los órdenes de insectos analizados y la estructura vegetal, en los planos vertical y horizontal.	93
Figura 24. Inercia registrada entre la especie vegetal, estructura y ubicación de los insectos registrados en los planos vertical y horizontal.	94

ABREVIATURAS USADAS

Abreviatura	Significado
BMM	Bosque Mesófilo de Montaña
FO	Frecuencia de observación
IAR	Índice de Abundancia Relativa
GML	Modelo Lineal Generalizado
ACP	Análisis de Componentes Principales
ACC	Análisis de Correlación Canónica

DEDICATORIAS

A Dios por permitirme llegar a esta etapa de mi vida, por su amor, por sus bendiciones, porque nunca me ha dejado solo.

A mi mamita la Virgen de Guadalupe porque siempre me escucha y dirige mis pasos sobre el camino de la vida.

A mis padres: Brigída Díaz Bonilla y Claudio Romero Flores (†) por traerme a este mundo y enseñarme la importancia de la vida; por mostrarme que todo se puede lograr con fe y trabajo duro. Muchas gracias, los amo.

A mis hermanos: Paulina, Cristina, Fabian, Armando, Nanci Itzel, Paula y Camerino. Pero en especial a Nanci Itzel (ni nenita) y Armando (Mi niño Armandito) por ser el motor de mi vida y por darme siempre animo para no rendirme y seguir adelante sabiendo que hay quien sigue mis pasos y me obliga a dar lo mejor de mi.

A mi gran amigo Dr. Saúl Ugalde Lezama, por su apoyo incondicional, por sus atenciones, por abrirme las puertas de su casa, su confianza, cariño y amistad. Por eso y más le ofrezco mis más sinceros agradecimientos. De igual forma a la familia Ugalde Lezama por abrirme su corazón y considerarme parte de su núcleo familiar. De todo corazón muchas gracias.

A mis amigos peludos: bobby, pepe y café por todos los momentos de alegría que me han dado.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Humanidades Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por el financiamiento para el desarrollo de este proyecto.

A la Universidad Autonoma Chapingo por brindarme la oportunidad de formarme en su plantel educativo.

Al Doctorado en Ciencias en Agricultura Multifuncional para el Desarrollo Sostenible.

A los miembros de mi comité asesor: Dr. Saúl Ugalde Lezama; Dr. Eduardo Valdés Velarde; Dr. Luis Antonio Tarango Arambula; y Dr. Armando Equihua Martínez, por su disposición y tiempo dedicado, sus comentarios y atenciones brindadas en esta investigación.

A mi lector externo: Dr. Genaro Olmos Oropeza por sus comentarios y observaciones que ayudaron a mejorar la estructura y morfosintaxis de este trabajo.

A la Dra. Edith Guadalupe Estrada Venegas por las facilidades para realizar la identificación de los insectos en su laboratorio, por su apoyo, recomendaciones y animos para el desarrollo del proyecto.

Al C. Agustín Rodríguez Fuentes; Dr. Jesús Romero Nápoles; y Dr. Armando por su apoyo en la identificación de insectos.

A las familias de la comunidad de Atzalan por permitirnos realizar este proyecto en sus medios de producción.

A mis amigos: Lidia, Jesus Eduardo, Miriam, Selene, Eliseo, Jorge y Uriel por sus animos, su apoyo y la confianza que me han brindado.

DATOS BIOGRÁFICOS

Datos personales

Nombre: Claudio Romero Díaz

Fecha de nacimiento: 09 de febrero de 1994

Lugar de Nacimiento: Zacapoaxtla, Puebla, México

No de cartilla militar: D-3260325; 2502028

CURP: RODC940209HPLMZL01

Nacionalidad: mexicana

Cédula profesional: 11091925; 13048167



Desarrollo académico

Preparatoria: Centro Escolar Heroes de Zacapoaxtla

Licenciatura en Biología: Instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla.

Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible:
Universidad Autónoma Chapingo.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0212-8385>

Gmail: biologoinders@gmail.com favia_rd@hotmail.com

RESUMEN GENERAL
IMPORTANCIA SOCIOAMBIENTAL DE LOS INSECTOS EN SISTEMAS
AGROFORESTALES EN UN BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA

La diversidad entomológica determina la identidad social, cultural, económica y ambiental de los pueblos originarios. Es importante fortalecer el diálogo de saberes, la defensa del patrimonio biocultural, y la transformación socio-comunitaria y socio-económica para fomentar un desarrollo económico más justo para las comunidades, particularmente las más vulnerables. Para determinar el papel de los sistemas agroforestales (SAF) sobre la diversidad entomológica y su importancia socioambiental en Atzalan, Xochiapulco, Puebla. Se desarrolló una revisión bibliográfica sobre los aspectos sociales, económicos y ambientales de los insectos a nivel nacional. Se aplicó un análisis bibliométrico para analizar la producción científica sobre insectos comestibles y conocer la tendencia actual sobre esta línea de investigación y los vacíos de conocimiento. Se determinó el valor de importancia florístico-pecuario de los SAF evaluados para proponer practicas mejores de manejo productivo. Se estimó la diversidad de familias de insectos y su gremio trófico asociado a SAF inmersos en bosque Mesófilo de Montaña de Atzalan, Xochiapulco, Puebla. Se determinaron los órdenes de insectos, registrados en estados adultos, asociados al uso de la estructura vertical y horizontal de la vegetación y el hábitat en los SAF bajo estudio. Se evidenció la importancia de la sustentabilidad que presentan los insectos en México. Se sugieren prácticas de concientización que mitiguen la neofobia y fortalezcan la adopción y consumo de este recurso en los diferentes estratos sociales de la sociedad mexicana. Se mostró una proyección de estudio científico dirigido al análisis de alimentos y la sustentabilidad. Se visualizan áreas de oportunidad para la comunidad científica, como una estrategia que coadyuve a la seguridad alimentaria. A pesar de los problemas económico-migratorios de la zona evaluada, aún se conserva el uso cultural florístico-pecuario. Los SAF evaluados albergan alta diversidad de familias de insectos que aplican uso diferencial del recurso trófico disponible y permiten el equilibrio ecológico de los agroecosistemas analizados. Se recomienda ampliar la complejidad estructural vegetal de los SAF para coadyuvar con la conservación del recurso entomológico y mantener en mayor equilibrio la dinámica poblacional e interacciones ecológicas positivas. Los sistemas agroforestales evaluados coadyuvan a la

Tesis de Doctorado en Ciencias, Programa de Doctorado en Ciencias en Agricultura Multifuncional para el Desarrollo Sostenible, Universidad Autónoma Chapingo, México
Autor: Claudio Romero Díaz
Director de Tesis: Dr. Saúl Ugalde Lezama

conservación de una amplia diversidad entomológica con alto valor de importancia socioambiental en Atzalan, Xochiapulco, Puebla.

Palabras clave: parasitoides, control biológico, polinización, nicho de utilización.

GENERAL ABSTRACT
SOCIO-ENVIRONMENTAL IMPORTANCE OF INSECTS IN AGROFORESTRY
SYSTEMS IN A MESOPHILIC MOUNTAIN FOREST

Entomological diversity determines the social, cultural, economic and environmental identity of native people. It is important to strengthen the dialogue of knowledge, the defense of biocultural heritage, and socio-communitary and socio-economic transformation to promote fairer economic development for communities, particularly the most vulnerable. To determine the role of agroforestry systems (AFS) on entomological diversity and its socio-environmental importance in Atzalan, Xochiapulco, Puebla. A bibliographic review was developed on the social, economic and environmental aspects of insects at the national level. A bibliometric analysis was applied to analyze the scientific production on edible insects and to know the current trend on this line of research and the gaps in knowledge. The floristic-livestock importance value of the evaluated AFS was determined in order to propose better productive management practices. The diversity of insect families and their trophic guild associated with AFS immersed in the Mesophilic Mountain Forest of Atzalan, Xochiapulco, Puebla, was estimated. The orders of insects, recorded in adult stages, associated with the use of the vertical and horizontal structure of the vegetation and habitat in the AFS under study were determined. The importance of the sustainability of insects in Mexico was evidenced. Awareness-raising practices are suggested to mitigate neophobia and strengthen the adoption and consumption of this resource in the different social strata of Mexican society. A projection of a scientific study aimed at food analysis and sustainability was shown. Areas of opportunity are visualized for the scientific community, as a strategy that contributes to food security. In spite of the economic-migratory problems of the evaluated area, the floristic-livestock cultural use is still preserved. The evaluated AFS harbor a high diversity of insect families that apply differential use of the available trophic resource and allow the ecological balance of the analyzed agroecosystems. It is recommended that the plant structural complexity of the AFS be expanded to contribute to the conservation of the entomological resource and maintain a better balance of population dynamics and positive ecological interactions. The evaluated agroforestry systems contribute to the

Doctoral Thesis in Science, Doctoral Program in Science in Multifunctional Agriculture for Sustainable Development, Universidad Autónoma Chapingo, Mexico
Author: Claudio Romero Díaz
Advisor: Dr. Saúl Ugalde Lezama

conservation of a wide entomological diversity with high socio-environmental importance in Atzalan, Xochiapulco, Puebla.

Keywords: parasitoids, biological control, pollination, niche utilization.

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

El mundo enfrenta una serie de conflictos ambientales, como el deterioro ambiental y pérdida de biodiversidad (Sahagún-Sánchez & Reyes-Hernández, 2018; Zamora-Elisalde et al., 2020). Esto altera el rol de los servicios ambientales y pérdida del conocimiento cultural sobre los recursos naturales (Ramos-Elorduy & Viejo, 2007; Ramos-Elorduy et al., 2009; López de la Cruz et al., 2015).

México, presenta un deterioro ambiental que dirige a la pérdida de la diversidad biológica y del conocimiento milenario, que se ha transmitido de generación a generación (González-Espinosa et al., 2007; Reynoso Santos et al., 2015; Guzmán-Mendoza et al., 2016). De esta forma, la multi y transdisciplinariedad surgen como enfoque integrador que busca dar soluciones viables a la problemática ambiental, social y económica, unificado líneas de conocimiento de diversas disciplinas científicas (Carvajal Escobar, 2010; Leakey, 2012). Así, la agricultura multifuncional pretende desplegar agroecosistemas sustentables bajo una perspectiva holística, integrando un intercambio de conocimiento y opiniones multidisciplinarias que contemplen factores bióticos, abióticos, sociales y culturales capaces de resolver problemas actuales (Méndez et al., 2013; Callo-Concha & Denich, 2014; Callo-Concha, 2018).

Ante esto, los sistemas agroforestales (SAF) retoman importancia como alternativa que contempla el conocimiento ancestral, coadyuvando a la seguridad alimentaria y contribuyendo a la conservación de especies. Todo esto basado en un enfoque de beneficio social, económico y ambiental que conduce al desarrollo

sostenible (Paruelo et al., 2005; Medina-García et al., 2020; Rodríguez-Sánchez et al., 2020). En este contexto, la entomofauna representa una parte integral de bienes y servicios (p. ej: alimentación, salud, folklor, entre otros). Representan la identidad cultural de diferentes grupos étnicos y estratos sociales de México (Ramos-Elorduy & Viejo, 2007; Escamilla-Prado et al., 2012).

En este sentido, los insectos comestibles representan un factor económico y productivo de los agroecosistemas de México. Actualmente se reportan aproximadamente 549 especies de este grupo entomológico, que van desde el consumo local hasta platillos gourmet (chapulines, xamules, escamoles, chinicuiles, gusanos de maguey, entre otros), de alto valor económico (Ramos-Elorduy et al., 2009; Lara-Juárez et al., 2015; Figueroa-Sandoval et al., 2018). Sin embargo, más allá del valor monetario, representan un alimento de alto valor proteico con buen contenido de grasas y minerales por lo que podrían considerarse una alternativa de producción sostenible, coadyuvando a la seguridad alimentaria (mitigando la desnutrición, el hambre y la pobreza) y, al cuidado del medio ambiente (Juárez Ortega et al., 2012). Esto se debe a que la producción masiva de tales organismos no demanda gran cantidad de recurso hídrico y combustibles fósiles, comparado con la producción de otros alimentos como la carne de res, pollo, pescado, cerdo, etc. (Guzmán-Mendoza et al., 2016).

Una zona rural con cierto grado de marginación, inmersa en áreas de Bosque Mesófilo, se ubica en la Sierra Norte de Puebla. En esta región los sistemas de producción campesina son en su mayoría agricultura a baja escala y en arreglos a manera de sistemas agroforestales (traspatio, solar, huerto familiar, milpa, etc.).

A pesar de los múltiples beneficios que derivan de esta tecnología productiva, hasta el momento no se tienen estudios en donde se considere a la entomofauna y su valor nutrimental como alternativa de producción, que contribuya a la alimentación y desarrollo económico. Por lo anterior, el objetivo de la presente fue determinar el papel de los sistemas agroforestales (SAF) sobre la diversidad entomológica y su importancia sociambiental en Atzalan, Xochiapulco, Puebla.

OBJETIVO GENERAL

Determinar el papel de los sistemas agroforestales (SAF) sobre la diversidad entomológica y su importancia socioambiental en Atzalan, Xochiapulco, Puebla.

1.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar el valor de importancia cultural florístico-pecuario mediante la caracterización de agroecosistemas para proponer prácticas mejores de manejo productivo.
- Estimar y comparar espacio-temporalmente los patrones de diversidad entomológica en los SAF bajo estudio mediante índices que permitan analizar los diferentes tipos y familias de insectos.
- Determinar espacial y temporalmente el efecto de la estructura vegetal sobre los patrones de distribución vertical y horizontal de los insectos empleando modelos estadísticos que permitan identificar los sustratos y estratos utilizados por estos con fines de manejo y mejoramiento de hábitat para este grupo taxonómico.

HIPOTESIS

- El recurso florístico-pecuario de los agroecosistemas evaluados representa alto valor cultural para las unidades de producción familiar a pesar de los problemas sociales y económicos que vive esta sociedad.
- Los patrones de diversidad de insectos registrados espacio-temporalmente en los SAF evaluados son muy similares en cuanto a

estructura y equidad; por lo que las comunidades entomológicas registradas en ellos parecen no depender del tipo de agroecosistema.

- Los patrones de distribución vertical y horizontal de los insectos se vé impactado espacio-temporalmente por la fisionomía vegetal; por lo que éstos, utilizan diferencialmente los estratos y sustratos que les proporciona su hábitat.

1.2. Presentación de la tesis

Este trabajo se encuentra estructurado por capítulos bajo la modalidad de artículos, los cuales se adaptaron a las normas editoriales de las revistas científicas en las que fueron publicados y/o aceptados para su publicación.

Capítulo 2. Ostenta una revisión bibliográfica sobre el tema de los insectos y su importancia social, económica y ambiental reportada para México. Con énfasis de estos organismos como recurso comestible para el ser humano.

Capítulo 3. Presenta un análisis bibliométrico basado en las publicaciones sobre insectos comestibles a lo largo del mundo; exhibe a las y los principales autores, instituciones, líneas de investigación y revistas científicas que han abordado el tema y la tendencia actual sobre dicha línea de investigación.

Capítulo 4. Muestra el valor de importancia cultural florístico y pecuario de los sistemas agroforestales evaluados. En dicho capítulo se proponen prácticas mejores de manejo para lograr una mayor producción al interior de dichos sistemas.

Capítulo 5. Exhibe un análisis que estima y compara de forma espacial y temporal los patrones de diversidad entomológica (a nivel de familia) en los SAF analizados. Presenta los órdenes, familias y gremio trófico. Analiza como la diversidad de insectos permite un uso diferencial de los recursos y coadyuva a la estabilidad ecológica al interior de los SAF.

Capítulo 6. Despliega un estudio espacio-temporal que muestra el efecto de la estructura vegetal y los patrones de distribución vertical y horizontal de los

insectos. Se proponen practicas de manejo y mejoramiento de hábitat (estratos-sustratos) para coadyuvar a la conservación de este grupo taxonómico.

1.3. Literatura citada

- Callo-Concha, D. (2018). Optimizando la producción agrícola: análisis de sistemas para operacionalizar la agricultura multifuncional. *Gestión y Ambiente*, 22(2), 137-143. <https://doi.org/10.15446/ga.v21n2supl.77912>
- Callo-Concha, D., & Denich, M., (2014). A participatory framework to assess multifunctional land-use systems with multicriteria and multivariate analyses: A case study on agrobiodiversity of agroforestry systems in Tomé Açú, Brazil. *Change and Adaptation in Socio-Ecological Systems*, 1(1), 40-50. <https://doi.org/10.2478/cass-2014-0005>
- Carvajal Escobar, Y. (2010). Interdisciplinariedad: desafío para la educación superior y la investigación. *Revista Luna Azul*, 31(1), 156-169.
- Escamilla-Prado, E., Escamilla-Femat, S., Gómez-Utrilla, J., Ramos-Elorduy, J., & Pino-Moreno, J. (2012). Uso tradicional de tres especies de insectos comestibles en agroecosistemas cafetaleros del estado de Veracruz. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 15(2), 101-109.
- Figueroa-Sandoval, B., Ugalde-Lezama, S., Pineda-Pérez, F.E., Ramírez-Valverde, G., Figueroa-Rodríguez, K.A., & Tarango-Arámbula, L.A. (2018). Producción de la hormiga escamolera (*Liometopum apiculatum* Mayr 1870) y su hábitat en el Altiplano Potosino-Zacatecano, México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 15(2), 235-245.
- González-Espinosa, M., Ramírez-Marcial, N., Camacho-Cruz, A., Holtz, S.C., Rey-Benayas, J.M., & Parra-Vázquez, M.R. (2007). Restauración de bosques en territorios indígenas de Chiapas: modelos ecológicos y estrategias de acción. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 80(Sup), 11-23.
- Guzmán-Mendoza, R., Calzontzi-Marín, J., Salas-Araiza, M., & Martínez-Yáñez, R. (2016). La riqueza biológica de los insectos: análisis de su importancia multidimensional. *Acta Zoologica Mexicana*, 32(3), 370-379.

- Juárez Ortega, A.J., Ramos-Elorduy, J., & Pino Moreno, J.M. (2012). Insectos comestibles en algunas localidades en la región centro del Estado de México: técnicas de recolección, venta y preparación. *Dugesiana*, 9(2), 123-133.
- Lara-Juárez, P., Aguirre Rivera, J.R., Castillo Lara, P., & Reyes Agüero, J.A. (2015). Biología y aprovechamiento de la hormiga de escamoles, *Liometopum apiculatum* Mayr (Hymenoptera: Formicidae). *Acta Zoológica Mexicana*, 31(2), 251-264.
- Leakey, R. (2012). Living with the trees of life: towards the transformation of tropical agriculture. CABI, Wallingford, UK.
- López de la Cruz, E., Gómez Gómez, B., Sánchez Cortés, M., Junghans, C., & Martínez Jiménez, L. (2015). Insectos útiles entre los Tsotsiles del municipio de San Andrés Larráinzar, Chiapas, México. *Etnobiología*, 13(2), 72-84.
- Medina-García, C., Giménez de Azcárate, J., & Velázquez Montes, A. (2020). Las comunidades vegetales del bosque de coníferas altimontano en el macizo del Tancítaro, Michoacán, México. *Acta Botanica Mexicana*, 127(1), 1-20. <https://doi.org/10.21829/abm127.2020.1584>
- Méndez, E.V., Bacon, C.M. & Cohen, R. (2013). La agroecología como un enfoque transdisciplinar, participativo y orientado hacia la acción. *Agroecología*, 8(2), 9-18.
- Paruelo, J.M., Guerscham, J.P., & Verón, S.R. (2005). Expansión agrícola y cambios en el uso de suelo. *Ciencia Hoy*, 15(87), 14-23.
- Ramos-Elorduy, J., & Viejo Moreno, J.L. (2007). Los insectos como alimento humano: breve ensayo sobre la entomofagia, con especial referencia a México. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural, Sección Biología*, 102(1-4), 61-84.
- Ramos-Elorduy, J., Costa-Neto, E.M., & Landero-Torres, I. (2009). Comparación de especies de abejas comestibles en la Sierra de Jibóia, (Bahia, Brasil) y Sierra de Zongolica (Veracruz, México). *Revista Colombiana de Entomología*, 35(2), 217-223.

- Reynoso Santos, R., Valdez Lazalde, J.R., Escalona Maurice, M.J., & De los Santos, Posadas, H.M. (2015). Análisis de la dinámica del uso del suelo de la cuenca Metztitlán en Hidalgo, México. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 3(36), 102-111.
- Rodríguez-Sánchez, P., Levy-Tacher, S., Ramírez-Marcial, N., & Estrada-Lugo, E. (2020). Uso y manejo de la vegetación leñosa en el fundo legal de Yaxcabá, Yucatán, México. *Acta Botanica Mexicana*, 127(1), 1-21. <https://doi.org/10.21829/abm127.2020.1516>
- Sahagún-Sánchez, F.J. & Reyes-Hernández, H. (2018). Impactos por cambio de uso de suelo en las áreas naturales protegidas de la región central de la Sierra Madre Oriental, México. *CienciaUAT*, 2(12), 6-21.
- Zamora-Elizalde, M.C., Buendía Espinoza, J.C., Martínez Hernández, P.A., & García Nuñez, R.M. (2020). Diagnóstico del uso del suelo y vegetación en la microcuenca Tula, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(1), 57-68. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i1.2213>

2. INSECTS: AN ALTERNATIVE FOR SUSTAINABLE PRODUCTION IN MEXICO

2.1. ABSTRACT

Objective: To analyze the sociocultural, economic and environmental aspects of insects in Mexico.

Design/Methodology/Approach: A bibliographic review was conducted from October 2021 to January 2022, searching for literature available in databases from Google Academic, Sciencedirect, SpringerLink, Google Patent, EBSCO, Semantic Scholar and the content available through the remote access of the CONRICyT. The bibliographic systematization of the articles consulted was developed using the Excel 2016 software and the Mendeley Desktop version 1.19.4 software.

Results: Entomology presents high ecological, economic and social value, directed towards the horizons of food security, care for the environment, and as an alternative for productive diversification. The economic importance that edible insects represent for Mexico stood out, visualizing commercial alternatives for smallscale producers.

Study Limitations/Implications: The results only present data referring to Mexico.

Findings/Conclusions: The importance of sustainability that insects in Mexico present was made evident. Practices to raise awareness are suggested, which mitigate neophobia and strengthen the adoption and consumption of this resource in the different social strata of the Mexican society.

Keywords: Mystical, playful, medicinal, environmental, edible.

2.2. INTRODUCTION

Facing the constant increase of the human population, food insecurity is becoming a challenge of global nature (Van Huis and Oonincx, 2017); therefore, there is an inquiry about the search for food as an alternative for sustainable consumption and production (Batat and Peter, 2020). Within this context, the phylum Arthropoda (particularly the class Insecta), the largest group of the animal kingdom, is considered an ideal candidate as option for food rich in proteins, fats and minerals, and friendly with the environment, which can contribute to mitigate problems of hunger and malnutrition (Puzari, 2021).

The consumption and use of insects is an ancestral activity represented approximately by 3,071 ethnic groups, who search for, harvest, prepare, store and trade this resource in a sustainable way, allowing the conservation of 90% of the natural germplasm (Ramos-Elorduy, 2009). Although the origin of entomophagy (consumption of insects) is unknown, it is believed that the first experiences emerged from the guest-host relationship in which humans hosted parasitic organisms (fleas and lice), which they acquired in the transition from nomad to sedentary living, projecting entomophagy to approximately 10,000 years ago (López de la Cruz *et al.*, 2015).

Insects are part of the human diet in different places of the planet, particularly in countries of Asia, Africa and Latin America. This resource is rich in nutrients and considered a delicacy for its consumers, particularly in Japan, Australia and Europe (Raheem *et al.*, 2019). In fact, entomophagy is practiced in every country, particularly in human groups of low income, by consuming eggs, larvae, pupae and adult organisms (Feng *et al.*, 2018).

Citar como: Romero-Díaz, C., Ugalde-Lezama, S., Tarango-Arámbula, L.A., & Valdés-Velarde, E. (2022). Insects an alternative for sustainable production in Mexico. *AgroProductividad*, 15(6), 111-119. <https://doi.org/10.32854/agrop.v14i6.2215>

In addition to the nutritional benefits, insects also present a series of economic and ecological advantages, since they carry out functions such as pest control, pollination and nutrient recycling. Their production is low-cost and reduces environmental problems such as agricultural pressure, aquaculture and animal breeding, by requiring less reproductive time, less amount of soil, water and food (Barton *et al.*, 2020).

In Mexico, the consumption of insects constitutes part of the culture and identity of different ethnic groups; they are natural resources that society has known how to exploit, characterizing gastronomy from various communities, particularly in rural, peasant and indigenous zones (López de la Cruz *et al.*, 2015).

Comparatively to other means of subsistence from animal protein (pork meat and beef), which cause great environmental problems, insects are a means of protein purveyance based on a sustainable model; therefore, the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) recommends the consumption and production of these organisms (Iseppi *et al.*, 2021). In parallel, the intake of arthropods that could become pests reduces the use of chemical contaminants that harm the environment. Therefore, eliminating pests by consuming them can be a practical and promising path (Van Huis and Oonincx, 2017).

Regarding food conversion, to produce 1 kg of beef, 10 kg of feed are required; for 1 kg of pork, 5 kg of feed; and for 1 kg of chicken, 2.5 kg of feed; this is all of low environmental sustainability (Fleta-Zaragozano, 2018). In turn, only 1.7 kg of feed is necessary to produce 1 kg of insects (Saara-Maria *et al.*, 2019). Under the same context, the water footprint represented by the production of insects per ton (4,341 m³) is relatively low, compared to beef (154,115 m³) and pork meat (5,988 m³) (Van Huis and Oonincx, 2017).

It has been shown that greenhouse gas emissions from the production of insects is low, compared to emissions from beef production; for example, the emission of methane gas in insect breeding ranges between 0.00 and 0.16 g kg⁻¹ of mass per day, compared to the emission of cattle which in average produces 0.239 g kg⁻¹ of corporal mass per day (Anankware *et al.*, 2015).

Because of the aforementioned, this review had the objective of analyzing the sociocultural, economic and environmental aspects of insects in Mexico.

2.3. MATERIALS AND METHODS

A bibliographic search based on scientific literature was applied for the development of this study. The review was centered on the search for cultural (medicinal, mystical, playful, aesthetic and decorative), nutritional, environmental (pollination, biodegradation, biological pest control) importance, forms of consumption, price of sale and perspectives of consumption in Mexico. The articles available in databases in Google Academic, Sciencedirect, SpringerLink, Google Patent, EBSCO, and Semantic Scholar were identified, as well as the content available through the remote access of the CONRICyT. To filter the information, keywords were used such as: entomophagy, entomophagy and sustainable development, importance of insects in Mexico, food security and edible insects, entomologic environmental services, among others (all terms in Spanish). To order, classify and generate the references of the articles consulted, the Excel 2016 software and the Mendeley Desktop version 1.19.4 software were used. This review began in the first week of October 2021 and concluded in January 2022.

2.4. RESULTS AND DISCUSSION

2.4.1. Cultural value of insects in Mexico

Since immemorial times, insects have been part of the cultural identity of different ethnic groups, constituting part of their diet, medicine, art, with religious and mystical value; at the same time,

they have strengthened the biocultural diversity of various social groups that have given them a value and respect for natural resources (Ramos Elorduy *et al.*, 2006; Ramos Elorduy and Viejo Montesinos, 2007; Costa Neto, 2015) (Tables 1, 2, 3 and 4).

2.4.2. Nutritional value of the insects

The dietary habit and preference for the consumption of insects in each region is linked to the historical background and geographical origin, in addition to their abundance, easy harvest and nutritional value (Ramos-Elorduy *et al.*, 1997), coevolving depending on lifestyle, tradition and educational level. This phenomenon explains how a certain food resource is considered for a certain group a primitive food, while the same resource in a different social stratum is valued as gourmet food and of high economic value. In addition to the cultural value that the entomological group denotes for Mexico, recently nutritional characteristics have been described that could contribute to mitigate the problems of hunger and malnutrition, particularly in rural zones where currently 11,238,031 households experience these problems (Ramírez-Sánchez *et al.*, 2021). However, the rural areas are those that show the highest consumption of insects, compensating the nutritional requirements that the conventional diet contributes; this thanks to the nutritional levels offered by this resource, such as described by Carmona-López *et al.* (2021) and different researchers who have enlisted a diversity of orders, families, genera and species of edible insects.

Table 1. Medicinal value of some entomological groups in Mexico.

Entomological group	Part used	Disease that heals
<i>Melipona fasciata</i> Latreille	Honey	Flu, cough, conjunctivitis
<i>Apis mellifera</i>	Honey and stinger	Flu, cough, rheumatism
<i>Polybia occidentalis</i>	Honey	Flu, cough
<i>Polybia sp.</i>	Honey	Flu, cough
<i>Taeniopoda eques</i>	Insect legs	Mouth ulcer
Cicadidae	Whole consumption	Dyslalia
Armadillidiidae	Whole consumption	Fever
<i>Gryllus sp.</i>	Insect legs	Developmental dysphasia and fever
<i>Agriotes sp.</i>	Whole consumption	Blisters on the hands
Neuroptera	Whole consumption	Stye
Apidae	Insect bite	Rheumatism and bad air
Scarabaeidae	Whole consumption	Wart removal
Oniscidea	Sofrito (spread)	Ear pain and deafness
Lepidoptera	Toasted in the comal	Speaking difficulties
Hymenoptera	Insect bite	Sloth of the hand
<i>Zopherus jourdani</i>	Necklace	Insomnia and crying of children
<i>Ulomoides dermestoides</i>	Living consumption	Cancer and diabetes

Table 2. Magical, mystical, and religious use of some entomological groups in Mexico.

Entomological group	Way of use	Action that causes
<i>Automeris sp.</i>	Mystical	Nahuaes
Apidae	Mystical	Used in mystical prayers
<i>Musca domestica</i>	Larval stage	Make enemies sick
Oligochaeta	Adult phase	Make enemies sick

Araneae	Whole consumption	Black and white magic
Geometridae	Mystical	Short height in children
<i>Arachnis aulaea</i>	Mystical	Double hair disease (rash)
Araneae	Mystical	Herpes labialis
<i>Pachylia syces</i>	Nahual	Sterilization and cleft lip
Formicidae	Symbolic	Sign of omen
Hesperiidae	Symbolic	Family visit
Cicadidae	Song	Weather events
Apidae	Honey	Bath with petals (sweetness)
Odonata	Whole consumption	Attract love partner
Odonata	Whole consumption	Lucky attraction
Theraphosidae	Insect legs	Damage an enemy
Phasmida	Whole consumption	Love sign
<i>Euschistus sulcatus</i>	Shredded	Illnesses of the heart and sorceries
<i>Gryllus assimilis</i>	In powder	Poisoning

Table 3. Value of ludic use of some entomological groups in Mexico.

Entomological group	Use	Part used	Way of use
Hymenoptera	Children's game	Indirect use	Children's song
Coleoptera	Children's game	Direct use	Capture and confinement
<i>Eucheira socialis</i>	Textile use	Capullo	Dresses for dolls
Lepidoptera	Festivity	Indirect use	Outfit
<i>Schausiana trojesa</i>	Children's game	Direct use	Collection and jokes
Formicidae	Children's fun	Direct use	Collection and classification
<i>Musca domestica</i>	Children's fun	Direct use	Observation and mutilation
Phasmida	Fun	Direct use	Indicates the location of the sun
<i>Leptophobia aripa</i>	Fun	Direct use	Capture and observation
Oniscidea	Children's toy	Children's	Projectile
Oligochaeta		toy	They collect and mutilate

Table 4. Value of aesthetic and decorative use of some insects in Mexico.

Entomological group	Use	Way of use
Coleoptera	Collection and light	Gifts in the form of a flashlight
<i>Sceliphron sp.</i>	Honeycomb preservation	Scenic beauty of housing
<i>Eucheira socialis</i>	Use of silk	Purse making
<i>Alaus lusciosus</i>	Artisanal use	Living necklaces and headdresses
<i>Pyrophorus noctilucus</i>	Ornamental use	Live brooches attached to a pin

2.4.3. Ecological importance of insects

The ecological importance of insects is in function of environmental services that they offer. These emerge from numerous interactions between animals, plants and the biophysical surroundings where they are found (Rojas Rodríguez *et al.*, 2019). Some of these benefits are the following:

Pollination: Insects carry out an important role in the reproduction of various flower species, developing very specific adaptive vectors that allow the plant-pollinator coexistence (Ku-Ruiz and Sosenski, 2021). Presently, around 100,000 species of pollinators are recognized, of which 98% correspond to the Insecta class (Stefanescu *et al.*, 2018). A value higher than 90% of 250,000

species of angiosperms require pollinating organisms for their production, including 75% of the one hundred species of agricultural cultivation that make up most of the cereals, foods recognized globally.

Biodegradation: The degradation of organic wastes is regulated by the role that it plays in the entomological community (Figueredo-Matheus and Albarracín-Balaguera, 2021). In such a process, organisms such as ants, flies, termites, beetles, among others, degrade the plant matter forming small fractions that allow the final decomposition by soil microorganisms (Smetana *et al.*, 2019). Likewise, close to 4,000 species of dung beetles contribute to the disintegration of manure from different vertebrates, avoiding the loss of approximately 80% of atmospheric nitrogen which contributes to global warming and controlling the emission of bad odors (Chowdhury *et al.*, 2017). On the other hand, because of the COVID-19 sanitary crisis, a massive amount of waste has been generated (products based on polyethylene and polystyrene) that are economically unviable for their recycling, the same as various plastic wastes that affect the environment; a strategy of sustainable innovation that attempts to reduce this impact includes actions where insects (particularly moths and beetles) contribute to the degradation of such material based on the microbiological action of their digestive tract, mitigating the ecological impact on the planet (Rodríguez-Carreón *et al.*, 2021).

Biological pest control: Pest control in agricultural production is fundamental to obtain quality yields and to offer a better price for the sale of products; however, in most of the cases, this activity is carried out through chemical products that deteriorate the environment and alter the microbiological activity of the soil. Recently, a trend for the biological control of insects has been generated as an alternative for sustainable production, enlisting various parasite and predator organisms that keep the impact of harmful insects stable. Among some of these orders of predator insects of pests, there are the following: Neuroptera (crisopas, ants), Odonata (dragon flies), Coleoptera (beetles), Hemiptera (bedbugs), Diptera (flies), and Himenoptera (ants, bees and wasps), exceeding by far the number of beneficial insects in comparison to the number of harmful species (Chowdhury *et al.*, 2017).

2.4.4. Commercialization of insects in Mexico

From the 549 species of edible insects recorded in Mexico (Ramos-Elorduy *et al.*, 2008), only 95 (18.84% of the total species) are traded in different life stages (eggs, larvae, pupae and adults). This commerce is carried out in higher proportion during the rainy season, taking into account the phenology and seasonality of the organisms (polyvoltine and univoltine). However, several species are preserved (dry, in brine or frozen) and are sold according to the demand in different seasons of the year (Ramos-Elorduy *et al.*, 2006). For the sale of such a resource, insects acquire various presentations: dry, frozen, roasted, fried, boiled, wrapped, alive, by liter, by weight, by measure, by taco, in gorditas, quesadillas, ice-creams, turnovers, pizzas, soups, mole, tamales, sandwiches, among others (Pino-Moreno *et al.*, 2017). For their part, prices vary according to the directed market, showing exorbitant prices in international trade in cities like Tokyo, Paris, New York, Los Angeles, among others (Fleta-Zaragozano, 2018). However, the prices in Mexico vary in function of the form of sale (by insect, kilogram or dish), seller (harvester or intermediary), and the product's presentation, acquiring prices from \$ 0.50 per insect to \$ 3,040 per kg (Table 5).

2.4.5. Perspectives of consumption of insects in Mexico

Despite the benefits offered by the consumption of insects, there are still psychological (neophobia-fear-disgust), cultural and religious factors, which limit the acceptance of these products as an entomophagy practice (Toti *et al.*, 2020); this is particularly in young people and inhabitants of rural zones where young people avoid their consumption (Orkusz *et al.*, 2020). On the other hand, the external market integrated by tourism and visitors

Table 5. Average price for the sale of some edible insects in Mexico.

Entomological group	Average Price (MXN)		
	Collector	Intermediary	Saucer
<i>Acentrocneme hesperiaris</i>	\$ 190 kg	\$ 3 149 kg	\$210
<i>Liometopum apiculatum</i> Mayr	\$ 550 kg	\$ 3 040 kg	\$611
<i>Myrmecocystus mexicanus</i>	\$ 1 an insect		
<i>Hypopta agavis</i>	\$ 75 kg	\$ 475 kg	\$240
<i>Helix aspersa</i>	\$ 14 kg		
<i>Sphenarium</i> sp.	\$ 150 kg; \$ 5 an insect	\$ 1 204 kg	
<i>Thasus gigas</i>	\$ 400 kg; \$ 0,50 an insect	\$15 a bag	
<i>Atta mexicana</i> S	\$ 270 kg	\$ 800 kg	\$ 35 a glass of sauce
<i>Atta cephalotes</i> L.			
<i>Arsenura armida armida</i>	\$ 46 kg		
<i>Cramer</i>			
<i>Phasus triangularis</i> H.E.	\$ 3 an insect		
<i>Aeschna</i> sp. o <i>Anax</i> sp.	\$ 150 kg		\$ 25 (50 g)
<i>Euleucophaeus tolucensis</i>	\$ 350 kg		\$ 10 (30 g)

Source: Pino-Moreno *et al.* (2017); Pino-Moreno *et al.* (2020).

from different countries have given a high price to the consumption of this resource, attributing them nutritional, medicinal and aphrodisiac properties, and as an alternative for sustainable diversification with environmental advantages, exhibiting added value and increasing economic profit for sellers (Van Huis and Oonincx, 2017). In addition to this, the value of an emotional aspect has been derived, based on recreational actions such as adventure, wildness and the audacity to consume these products, generating new challenges and opportunities in the sale for local commerce (Tuccillo *et al.*, 2020).

2.5. CONCLUSIONS

Sociocultural, economic and environmental aspects of insects in Mexico were analyzed. This resource represents good horizons on the path to food security, caring for the environment, and as an alternative for productive diversification. The economic importance that insect trade represents in Mexico stands out, showing opportunities for small-scale producers of marginalized zones and tourist areas in Mexico. This study suggests awareness-raising practices to mitigate neophobia as a limitation in the adoption and consumption of this product by certain social strata in Mexico.

2.6. REFERENCES

- Anankware, P. J., Fening, K. O., Osekere, E. A., & Obeng-Ofori, D. (2015). Insects as food and feed: A review. *International Journal of Agricultural Research and Review*, 3(1), 143-151.
- Barton, A., Richardson, C. D., & McSweeney, M. B. (2020). Consumer attitudes toward entomophagy before and after evaluating cricket (*Acheta domesticus*) -based protein powders. *Journal of Food Science*, 83(3), 781-788. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15043>
- Batat, W., & Peter, P. (2020). The healthy and sustainable bugs appetite: factors affecting entomophagy acceptance and adoption in Western food cultures. *Journal of Consumer Marketing*, 37(3), 291-303. <https://doi.org/10.1108/JCM-10-2018-2906>
- Carmona-López, J. L., Escamilla-Rosales, M. F., & Ariza-Ortega, J. A. (2021). Evaluación de macronutrientes y microelementos en avispa (orden Hymenoptera). *Educación y Salud*, 10(19), 232-238. <https://doi.org/10.29057/icsa.v10i19.6943>
- Chowdhury, G. R., Datta, U., Zaman, S., & Mitra, A. (2017). Ecosystem services of insects. *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research*, 17(1), 1-3. <https://doi.org/10.26717/BJSTR.2017.01.000228>

- Costa-Neto, E. M (2015). Anthro-entomophagy in Latin America: an overview of the importance of edible insects to local communities. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(1), 17-23. <https://doi.org/10.3920/JIFF2014.0015>
- Feng, Y., Chen, X. M., Zhao, M., He, Z., Sun, L., Wang, C. Y., & Ding, W. F. (2018). Edible insects in China: Utilization and prospects. *Insect Science*, 23(2), 184-198. <https://doi.org/10.1111/1744-7917.12449>
- Figueredo-Matheus, J. A., & Albarracín-Balaguera, M. A. (2021). Alternativas de alimentación de monogástricos a base de larvas de Soldado Negro (*Hermetia illucens*): Revisión de literatura. *Revista Colombiana de Zootecnia*, 7(12), 35-48.
- Fleta-Zaragozano, J. (2018). Entomofagia: ¿Una alternativa a nuestra dieta tradicional? *Sanidad Militar*, 74(1), 41-46. <http://dx.doi.org/10.4321/s1887-85712018000100008>
- Iseppi, L., Rizzo, M., Gori, E., Nassivera, F., Bassi, I., & Scuderi, A. (2021). Rasch model for assessing propensity to entomophagy. *Sustainability*, 13(1), 4346. <https://doi.org/10.3390/su13084346>
- Ku-Ruiz, C., & Sosenski, P. (2021). El calor de las flores: plantas termogénicas y sus polinizadores. *Cuadernos de Biodiversidad*, 6(1), 22-27. <https://doi.org/10.14198/cdbio.2021.61.03>
- López-de la Cruz, E., Gómez-y Gómez, B., Sánchez-Cortés, M. S., Junghans, C., & Martínez-Jiménez, L. V. (2015). Insectos útiles entre los tsotsiles del municipio de San Andrés Larráinzar, Chiapas, México. *Etnobiología*, 13(2), 72-84.
- Orkusz, A., Wolańska, W., Harasym, J., Piwowar, A., & Kapelko, M. (2020). Consumers' attitudes facing entomophagy: Polish case perspectives. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(7), 2427. <https://doi.org/10.3390/ijerph17072427>
- Pino-Moreno, J. M., Guerrero-Mayorga, I., Flores-Ramírez, M. E., & Galán-Ángeles, Y. (2017). Presencia de los insectos comestibles en la muestra gastronómica de Santiago de Anaya Hidalgo, México. *Entomología Mexicana*, 4(1), 663-668.
- Pino-Moreno, J. M., Rodríguez-Ortega, A., & García-Flores, A. (2020). Los insectos comestibles de Tepantepec, Hidalgo, México: Situación actual problema y perspectivas. *Entomología Mexicana*, 7(1), 457-463.
- Puzari, M. (2021). Prospects of entomophagy. *International Journal of Tropical Insect Science*, 41(1), 1989-1992. <https://doi.org/10.1007/s42690-020-00317-2>
- Raheem, D., Raposo, A., Bolanle, O. O., Nieuwland, M., Saraiva, A., & Carrascosa, C. (2019). Entomophagy: Nutritional, ecological, safety and legislation aspects. *Food Research International*, 120(1), 108672. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108672>
- Ramírez-Sánchez, E. U., Contreras-Molotla, F., Contreras-Suárez, E., & Roldan-Amaro, J. A. (2021). Panorama de la alimentación en los hogares de México. Una aproximación al estudio del hambre. *Interdisciplina*, 9(25), 93-113. <http://dx.doi.org/10.22201/ceiich.24485705e.2021.25.79968>
- Ramos-Elorduy, J., Pino-Moreno, J. M., & Conconi, M. (2006). Ausencia de una reglamentación y normalización de la explotación y comercialización de insectos comestibles en México. *Folia Entomológica Mexicana*, 43(3), 291-318.
- Ramos-Elorduy, J. (2009). Anthro-entomophagy: Cultures, evolution and sustainability. *Entomological Research*, 39(1), 271-288. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5967.2009.00238.x>
- Ramos-Elorduy, J., & Viejo-Montesinos, J. L. (2007). Los insectos como alimento humano: Breve ensayo sobre la entomofagia, con especial referencia a México. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia*, 102(1-4), 61-84.
- Ramos-Elorduy, J., Landero-Torres, I., Murguía-González, J., & Pino Moreno, J. M. (2008). Biodiversidad antropoentomofágica de la región de Zongolica, Veracruz, México. *Revista de Biología Tropical*, 58(1), 303-316.
- Ramos-Elorduy, J., Pino-Moreno, J. M., Escamilla-Prado, E., Alvarado-Pérez, M., Lagunéz-Otero, J., Ladrón de Guevara, O. (1997). Nutritional Value of Edible Insects from the State of Oaxaca, Mexico. *Journal of Food Composition and Analysis*, 10(1), 142-157. <https://doi.org/10.1006/jfca.1997.0530>
- Rodríguez-Carreón, A., Ortiz-Rivera, Y., Hernández-Pena, C. C., & Figueroa, C. (2021). Biodegradación de espumas plásticas por larvas de insectos: ¿una estrategia sustentable? *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 24(1), 1-10. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2021.311>
- Rojas-Rodríguez, J., Rossetti, M. R., & Videla, M. (2019). Importancia de las flores en bordes de vegetación espontánea para la comunidad de insectos en huertas agroecológicas de Córdoba, Argentina. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo*, 51(1), 249-259.
- Saara-Maria, K., Ida-Nilstad, P., & Casper, B. (2019). Consumer acceptance of edible insects and design interventions as adoption strategy. *The International Journal of Food Design*, 4(1), 39-62. <http://hdl.handle.net/11250/2620135>
- Smetana, S., Schmitt, E., & Mathys, A. (2019). Sustainable use of *Hermetia illucens* insect biomass for feed and food: Attributional and consequential life cycle assessment. *Resources, Conservation and Recycling*, 144(1), 285-96. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.01.042>
- Stefanescu, C., Asís, J. D., Banos-Picón, L., Cerda, X., Marcos-García, M. A., Micó, E., Ricarte, A., & Tormos, J. (2018). Diversidad de insectos polinizadores en la península ibérica. *Ecosistemas*, 27(2), 9-22. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1391>

- Toti, E., Massaro, L., Kais, A., Aiello, P., Palmery, M., & Peluso, I. (2020). Entomophagy: A narrative review on nutritional value, safety, cultural acceptance and a focus on the role of food neophobia in Italy. *European Journal of Investigation in Health, Psychology and Education*, 10(2), 628-643. <https://doi.org/10.3390/ejihpe10020046>
- Tuccillo, F., Marino, M. G., & Torri, L. (2020). Italian consumers' attitudes towards entomophagy: Influence of human factors and properties of insects and insect-based food. *Food Research International*, 137, 109619. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109619>
- van Huis, A., & Oonincx, D. G. A. B. (2017). The environmental sustainability of insects as food and feed. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 37, 43. <https://doi.org/10.1186/s40066-015-0041-5>

3. INSECTOS COMESTIBLES: UNA ALTERNATIVA PARA COADYUVAR A LA SEGURIDAD ALIMENTARIA (ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO 2014-2023) EDIBLE INSECTS: AN ALTERNATIVE TO CONTRIBUTE TO FOOD SECURITY (BIBLIOMETRIC ANALYSIS 2014-2023)

3.1. RESUMEN

Los insectos pudieran coadyuvar a la seguridad alimentaria, la FAO propone a este recurso como pilar importante hacia la alimentación del futuro. El objetivo de este trabajo fue analizar la producción científica sobre insectos comestibles para conocer la tendencia actual sobre esta línea de investigación y los vacíos de conocimiento. Se aplicó un análisis bibliométrico, para ello se identificaron relaciones entre países, autores y revistas, considerándose el periodo 2014-2023. El autor, revista y país con mayor impacto científico ligado al estudio de insectos comestibles fueron: Adámková, A, Foods y Polonia, respectivamente. El tema de mayor desarrollo está ligado al análisis de alimentos (piensos), valor nutricional, metabolismo y experimentos con animales sobre dietas elaboradas a partir de insectos. Se mostró una proyección de estudio científico dirigido al análisis de alimentos y la sustentabilidad. Se visualizan áreas de oportunidad para la comunidad científica, como una estrategia que coadyuve a la seguridad alimentaria.

Palabras clave: *Tenebrio molitor*, *Archeta domesticus*, entomofagia, valor nutricional, sustentabilidad.

3.2. ABSTRACT

Insects could contribute to food security; the FAO proposes this resource as an important pillar towards the food of the future. The objective of this work was to analyze the scientific production on edible insects to understand the current trend in this line of research and the knowledge gaps. A bibliometric analysis was applied, for which relationships between countries, authors and journals were identified, considering the period 2014-2023. The author, journal and country with the greatest scientific impact linked to the study of edible insects were: Adámková, A, Foods and Poland, respectively. The most developed topic is linked to the analysis of food (feed), nutritional value, metabolism and animal experiments on diets made from insects. A projection of a

scientific study aimed at food analysis and sustainability was shown. Areas of opportunity are visualized for the scientific community, as a strategy that contributes to food security. **Key words:** *Tenebrio molitor*, *Archeta domesticus*, entomophagy, nutritional value, sustainability.

3.3. INTRODUCCIÓN

La seguridad alimentaria es uno de los principales retos que actualmente enfrenta la humanidad (Van Huis et al., 2013). Se estima que para el año 2050 la población mundial superara los 9.1 mil millones de personas; esto supone un incremento masivo en la expansión de la producción agrícola-pecuaria para satisfacer las necesidades nutricionales (Pérez Vázquez et al., 2018; Lee et al., 2020; Meysing et al., 2022). La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), señala que aproximadamente 2 000 mil millones de personas en el mundo presentan inseguridad alimentaria, en niveles de moderado a grave, experimentando desnutrición crónica; entre ellos cerca de 150 millones de niños no consumen la proporción básica de nutrientes, limitando su crecimiento y desarrollo por falta de proteína y otros elementos (Rodríguez-Parrales et al., 2023).

No obstante, la producción de ganado convencional para la provisión de proteínas, es una actividad cada vez más insostenible, se debe optar por productos alternos que compensen este requerimiento nutricional. Como una opción que pudiera mitigar el problema del hambre y la malnutrición, ligado a los objetivos del desarrollo sostenible (ODS), la FAO propone el consumo de insectos (entomofagia) como pilar importante de la seguridad alimentaria del futuro (Van Huis et al., 2013; Torres Gallegos y Camba Cortéz, 2019). Este recurso ofrece ventajas importantes sobre la producción convencional de alimentos, p.ej., alto contenido de minerales, grasas, vitaminas y proteínas; bajas emisiones de gases que contribuyen al calentamiento global; uso reducido de recurso hídrico y espacio; alta eficiencia de conversión alimenticia; y ciclo de vida corto (Van Huis et al., 2013; Meysing et al., 2022).

A pesar de los beneficios sociales, económicos y ambientales que ofrece el consumo de insectos, la principal limitante para la adopción de este recurso es la neofobia, comportamiento asociado al miedo y terror que provoca el rechazo por el consumo de

nuevos alimentos (Rivero et al., 2023). Se liga a la idea de que dichos organismos son repugnantes, sucios, desarrollan miedo, disgusto y representan un peligro (Ocampo Cadena, 2020). Así mismo, la practica entomofagica constantemente se relaciona con un comportamiento primitivo que incrementa la baja aceptación y consumo de tales organismos (Cartay, 2018).

Por otra parte, aún existen vacíos de conocimiento enfocados al tema de calidad nutricional (análisis bromatológicos), legislación, composición, procesos de elaboración, información nutricional, valores toxicológicos y alergenicidad de alimentos; todo esto basado en los daños que pudiera provocar a la salud de sus consumidores (Sogari et al., 2019; Knežević et al., 2021; Lange y Nakamura, 2021a).

Una herramienta que permite conocer la información actual sobre las publicaciones científicas en cualquier tema de investigación basado en métodos matemáticos y estadísticos es la bibliometría (Pacheco-Almaraz et al., 2021). Esta herramienta exhibe información científica relevante a través de diferentes indicadores que pueden clasificarse como unidimensionales, multidimensionales o relacionales. Este último estudia varios rasgos simultáneamente, estableciendo múltiples interrelaciones en las publicaciones o en los hábitos de investigación de los científicos (Abbasi y Altmann, 2010; Rodríguez Gutiérrez y Gómez Velasco, 2017). Cabe señalar que los resultados de dichos análisis se pueden representar gráficamente a través de mapas bibliométricos (que brindan datos cognitivos y de relaciones sociales) o mediante análisis de redes que permiten visualizar e interpretar de mejor manera la información sobre el tema de interés (Jain et al., 2022).

Por lo anterior el objetivo del presente proyecto fue analizar la producción científica sobre insectos comestibles y factores asociados (entomofagia, neofobia, aspectos nutricionales, calidad e inocuidad). Esto mediante un análisis bibliométrico que permitió conocer la tendencia actual sobre esta línea de investigación y los vacíos de conocimiento. Para ello fueron formuladas las siguientes preguntas de investigación: ¿Cuáles son las tendencias de publicación referente al tema de insectos comestibles?; ¿Quiénes son los autores, revistas, organizaciones y países más productivos que contribuyen al campo de conocimiento sobre el tema en cuestión?; ¿Cuáles son los temas desarrollados y

emergentes vinculados a los insectos comestibles? y ¿Cuáles son las proyecciones futuras de investigación sobre el tema en comento?

3.4. MATERIALES Y MÉTODOS

El proceso aplicado para el desarrollo del presente estudio consistió en tres etapas: 1) selección de fuentes de información y recopilación de datos; 2) fijación de indicadores y procesamiento de las unidades de análisis; 3) interpretación de resultados. El material de análisis estuvo conformado por un total de 88 artículos científicos derivados de la aplicación de criterios de búsqueda y exclusión, sobre un total inicial de 316 documentos digitales, derivados de la búsqueda en bases de datos de Scopus. Este buscador fue utilizado porque facilita el acceso al conocimiento (Echchakoui, 2020) y además, estas bases de datos son referentes a nivel internacional (Pranckutė, 2021; Rabelo Florez, 2023). Las directrices de búsqueda se enlistan en la Tabla 6.

Para el análisis de los datos se desarrollaron cuatro procesos bibliométricos: 1) análisis de citas; 2) co-ocurrencia de palabras; 3) cocitaciones de coautores; y 4) acoplamiento bibliográfico (Zupic y Čater, 2015). La herramienta utilizada para el análisis bibliográfico fue Biblometrix en el programa Rstudio (Aria y Cuccurullo, 2017), esta es una aplicación de uso gratuito, que permite el análisis con diferentes bases de datos, además es una herramienta que ha sido aplicada y corroborada por diferentes investigadores (Di Vaio et al., 2021; Duque Hurtado et al., 2021; Rabelo Florez, 2023). Para el análisis gráfico y agrupamiento de los datos se utilizó el software VOSviewer (Van Eck y Waltman, 2010; Rabelo Florez, 2023). Este gráfico, permite observar un análisis histórico del área científica de interés, además, ayuda al reconocimiento de nuevas corrientes de investigación sobre la temática bajo estudio (Zuschke, 2020).

Tabla 6. Parámetros de búsqueda de la literatura científica consultada en las bases de Scopus.

Bases de datos	Scopus
Periodo de consulta	2014-2023
Fecha de consulta	26/06/2023
Criterios de búsqueda	Título, resumen, palabras clave
Tipo de revista	Acceso libre
Idioma	Ingles

Palabra o frases de búsqueda	(TITLE-ABS-KEY(entomophagy OR "edible insects" AND "Nutritional value"))
Resultados	316
Resultados total	88

3.5. RESULTADOS

3.5.1. Análisis histórico de la producción científica

Se registró un total de 89 documentos científicos, publicados entre 2014-2023. La recta de regresión ajustada, y el coeficiente de correlación entre años y número de publicaciones mostró un $R^2 = 0.4706$. Se logró evidenciar como a partir de 2019 se presentó un interés por parte de la comunidad científica hacia el estudio de dicho campo de conocimiento (Fig. 1).

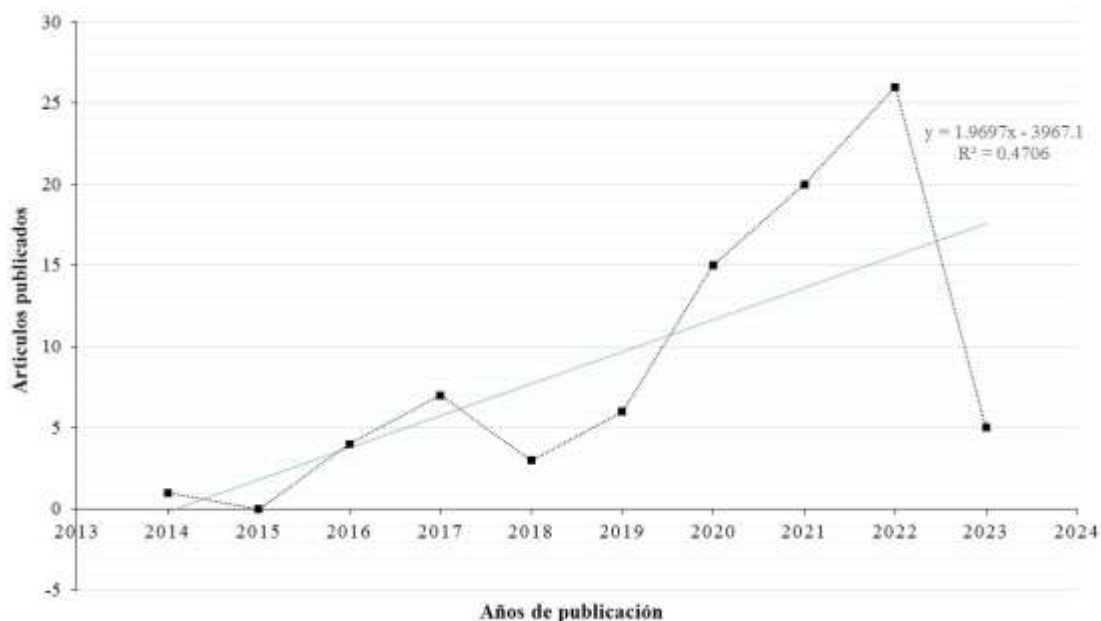


Fig. 1. Publicaciones científicas registradas (2024-2023) sobre el tema de insectos comestibles.

3.5.2. Publicaciones científicas registradas por país

Referente a la producción científica registrada por país, el primer lugar lo lidera Polonia con 15 publicaciones (10.3 %), seguido por Corea del Sur con 11 (7.43 %) y Grecia con 8 (5.40 %). Se resalta a México como país latinoamericano, ocupa el cuarto lugar con un total de 7 publicaciones (4.72 %). Los primeros 10 países representan el 47.29 % de la producción científica mundial sobre el tema de insectos comestibles (Fig. 2). La Fig. 3

exhibe la producción científica sobre el tema bajo estudio, registrado en los diferentes países del mundo.

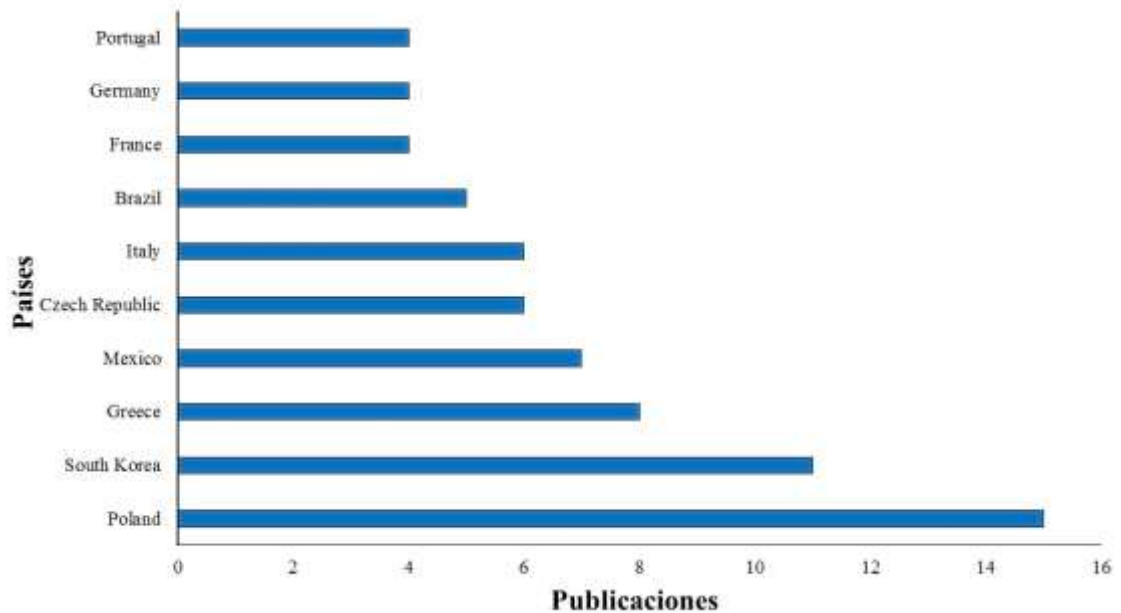


Fig. 2. Producción científica registrada por los 10 primeros países y su contribución sobre el tema de insectos comestibles.

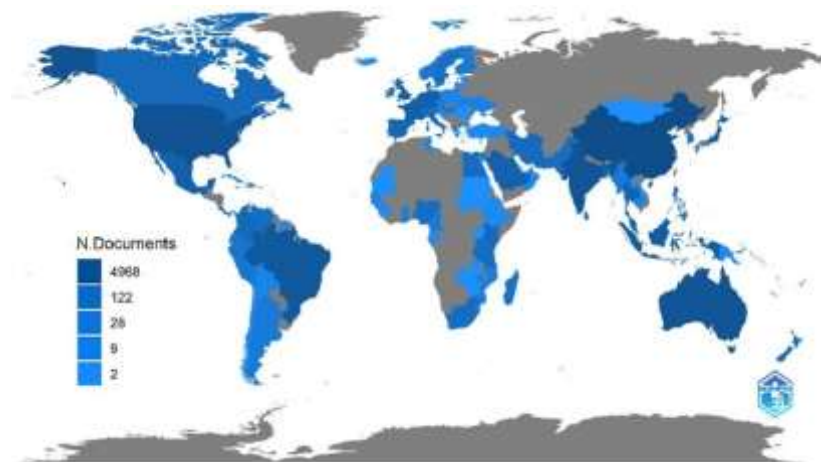


Fig. 3. Contribución científica sobre el tema de insectos comestibles registrados en los diferentes países.

3.5.3. Análisis de autores

De los 11 autores con mayor producción científica relacionada al tema bajo estudio, Adámková, A. ocupa el primer lugar vinculado a la Universidad Checa de Ciencias de la

Vida Praga (5 publicaciones y 57 citaciones); Seguido por Mlček, J., perteneciente a la Universidad Tomas Bata de Republica Checa (4 publicaciones y 132 citaciones). Se advierte que Nakimbugwe, D. y Borkovcová, M. presentan 3 documentos y se integran entre los más citados a nivel mundial sobre dicha temática. Se puede inferir que, pese a que dichos autores presentan pocas publicaciones, representan el mayor impacto científico sobre dicha línea de investigación (Tabla 7). Por su parte la Tabla 8 muestra los 10 artículos más citados a nivel mundial relativo al tema de insectos comestibles.

Tabla 7. Principales autores que abordan el tema de insectos comestibles a nivel mundial.

Autor	Documentos	Citaciones	País	Institución (afiliación)
Adámková, A.	5	57	República Checa	Departamento de Calidad de Productos Agrícolas, Facultad de Agrobiología, Alimentos y Recursos Naturales, Universidad Checa de Ciencias de la Vida Praga, Kamýcká
Mlček, J.	4	132	República Checa	Departamento de Análisis y Química de Alimentos, Facultad de Tecnología, Universidad Tomas Bata en Zlin, Zlin.
Kowalski, S.	3	34	Polonia	Departamento de Tecnología de Carbohidratos y Procesamiento de Cereales, Facultad de Tecnología de Alimentos, Universidad de Agricultura de Cracovia.
Mazurek, A.	3	34	Polonia	Departamento de Ciencias de los Productos Básicos, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Médica de Gdansk.
Mickowska, B.	3	34	Polonia	Departamento de Tecnología de Productos Vegetales e Higiene Nutricional, Facultad de Tecnología de Alimentos, Universidad de Agricultura de Cracovia
Mikulec, A.	3	34	Polonia	Universidad Estatal de Ciencias Aplicadas en Nowy Sącz
Skotnicka, M.	3	34	Polonia	Departamento de Ciencias de los Productos Básicos, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Médica de Gdańsk.

Kowalczewski, P.L.	3	41	Polonia	Departamento de Tecnología de la Carne, Facultad de Ciencias de la Alimentación y Nutrición, Universidad de Ciencias de la Vida de Poznań, Poznań.
Chuck-Hernández, C.	3	18	México	Tecnológico de Monterrey, The Institute for Obesity Research, Monterrey 64849, México.
Nakimbugwe, D.	3	116	Uganda	Facultad de Ciencias Agrícolas y Ambientales, Universidad de Makerere, Kampala, Uganda.
Borkovcová, M.	3	130	República Checa	Departamento de Zoología, Pesca, Hidrobiología y Apicultura, Facultad de Agronomía, Universidad Mendel en Brno, Brno.

Tabla 8. Artículos científicos más citados a nivel mundial sobre el tema de insectos comestibles.

Autores	Título	Número de citas	Año de publicación
Oonincx D.G.A.B., Laurent S., Veenenbos M.E., van Loon J.J.A.	Dietary enrichment of edible insects with omega 3 fatty acids	82	2020
Mwangi M.N., Oonincx D.G.A.B., Stouten T., Veenenbos M., Melse-Boonstra A., Dicke M., Van Loon J.J.A.	Insects as sources of iron and zinc in human nutrition	63	2018
Adámková A., Mlček J., Kouřimská L., Borkovcová M., Bušina T., Adámek M., Bednářová M., Krajsa J.	Nutritional potential of selected insect species reared on the island of Sumatra	57	2017
Shantibala T., Lokeshwari R.K., Debaraj H.	Nutritional and antinutritional composition of the five species of aquatic edible insects consumed in Manipur, India	57	2014
Mancini S., Fratini F., Turchi B., Mattioli S., Dal Bosco A., Tuccinardi T., Nozic S., Paci G.	Former foodstuff products in Tenebrio molitor rearing: Effects on growth, chemical composition, microbiological load, and antioxidant status	56	2019
Alves A.V., Sanjinez-Argandoña E.J., Linzmeier A.M., Cardoso C.A.L., Macedo M.L.R.	Food value of mealworm grown on acrocomia aculeata pulp flour	53	2016

Nyangena D.N., Mutungi C., Imathiu S., Kinyuru J., Affognon H., Ekesi S., Nakimbugwe D., Fiaboe K.K.M.	Effects of traditional processing techniques on the nutritional and microbiological quality of four edible insect species used for food and feed in East Africa	51	2020
Manditsera F.A., Lakemond C.M.M., Fogliano V., Zvidzai C.J., Luning P.A.	Consumption patterns of edible insects in rural and urban areas of Zimbabwe: taste, nutritional value and availability are key elements for keeping the insect eating habit	46	2018
Ssepuuya G., Mukisa I.M., Nakimbugwe D.	Nutritional composition, quality, and shelf stability of processed <i>Ruspolia nitidula</i> (edible grasshoppers)	46	2017
Orkusz A.	Edible insects versus meat—nutritional comparison: Knowledge of their composition is the key to good health	45	2021

3.5.4. Co-citación de autores

En el análisis de co-citación de autores de mayor representatividad en el campo de estudio mostró cinco grupos de investigadores que se aglomeran en una misma línea de investigación, dirigida al conocimiento de los insectos comestibles (Fig. 4).

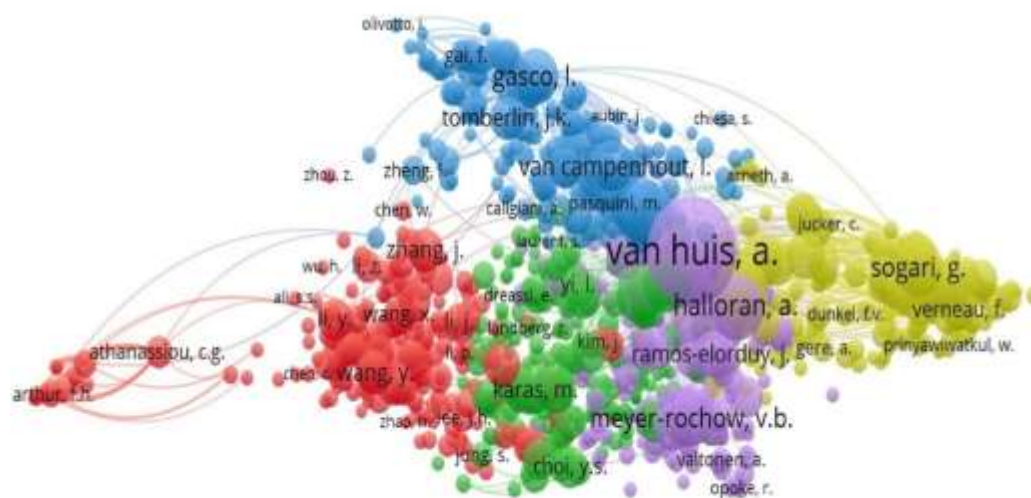


Fig. 4. Red de co-citación entre autores de documentos referentes al estudio de insectos comestibles para el periodo de 2014-2023.

3.5.5. Análisis de revistas

La Tabla 9, relaciona a las 10 revistas con mayor cantidad de publicaciones sobre el tema de insectos comestibles. El 80% de las revistas están categorizadas en Q1. La revista con más publicaciones registradas es la Revista Foods de Suiza, con un total de 11 publicaciones. La revista con mejor índice H según Scimago Journal and Country Rank (SJR) es Scientific Reports con un valor H = 282. La revista que tiene mejor factor de impacto (JCR) es Nutrients de Suiza con un valor de 6.7. En general, se puede observar que, pese a que algunas revistas tienen menos publicaciones, su índice H y factor de impacto es mayor, lo que implica que son revistas con mayor impacto dentro de la comunidad científica. Por su parte, la Fig. 5 exhibe a las 10 revistas (Fig. 5A) e instituciones (Fig. 5B) con mayor número de publicaciones sobre el tema analizado.

Tabla 9. Revistas de mayor relevancia científica a nivel mundial sobre el tema de insectos comestibles.

Revista	Publicaciones	País	Factor de impacto (JCR)	Área temática	Índice H
Foods	11	Suiza	5.56 (Q1)	Ciencias Agrícolas y Biológicas Ciencia de los Alimentos Ciencia de las plantas	73
Molecules	6	Suiza	4.92 (Q1)	Multidisciplinario	199
Scientific Reports	5	Reino Unido	4.99 (Q1)	Multidisciplinario	282
Insects	3	Suiza	3.14 (Q1)	Ciencias agrícolas y Biológicas	53
Nutrients	3	Suiza	6.7 (Q1)	Ciencias agrícolas y Biológicas	178
Sustainability (switzerland)	3	Suiza	3.9 (Q1)	Multidisciplinario	136
Animals	2	Suiza	3.23 (Q1)	Multidisciplinario	60
CYTA-Journal of Food	2	Reino Unido	2.47 (Q2)	Multidisciplinario	40
European Food Research and Technology	2	Alemania	3.49 (Q2)	Multidisciplinario	116
Food Science and Nutrition	2	Reino Unido	3.55 (Q1)	Multidisciplinario	49

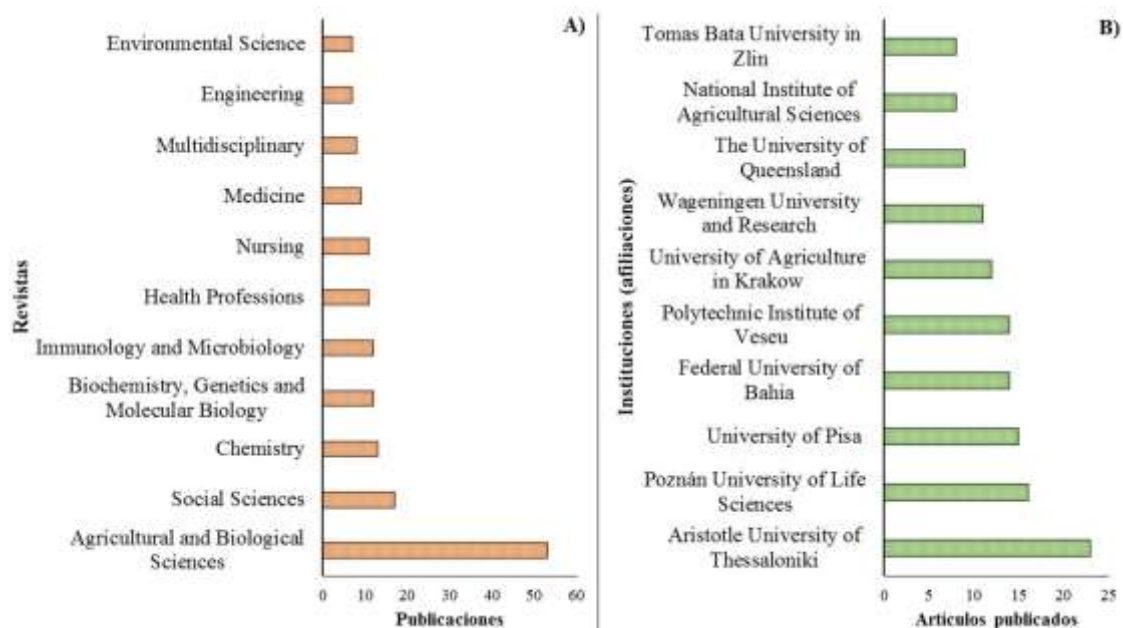


Fig. 5. Lista de revistas (A) e instituciones (B) con mayor número de publicaciones referentes al tema de insectos comestibles.

3.5.6. Análisis clúster

3.5.6.1. Co-ocurrencia

A partir de un listado de 41 términos contemplados en el presente análisis bibliométrico, se desarrolló la caracterización de clústeres de asociación sobre distintos grupos temáticos (Fig. 6). Se identificó que los términos que pertenecen al mismo grupo muestran mayor correlación hacia cierta línea de investigación. Cabe señalar, que la designación del nombre de cada uno de los conglomerados se realizó en función de la mayoría de las palabras clave que lo formaron. En dicho sentido, para este período de análisis, se identificaron cuatro líneas de investigación: 1) Análisis químico del valor nutricional de *Archeta domesticus* y *Tenebrio molitor* (color rojo); 2) coleópteros como piensos para la alimentación de animales (color verde); 3) estudio comparativo del valor nutricional de los insectos y su efecto en hombres y mujeres (color azul) y 4) actitud en el consumo de insectos como una estrategia de seguridad alimentaria (color amarillo). Los grupos fueron integrados de acuerdo con los términos enlistados en la Tabla 10.

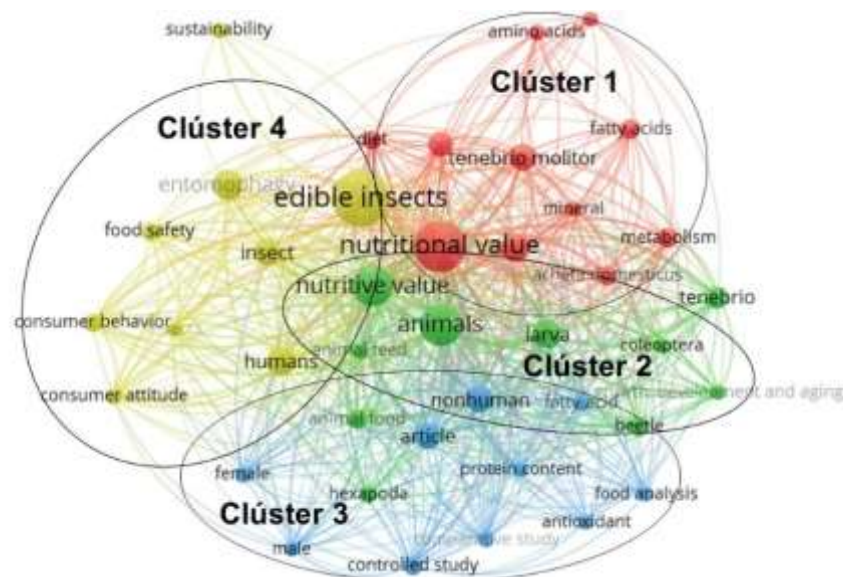


Fig. 6. Mapa bibliométrico de la red de co-ocurrencias con 41 términos seleccionados a partir de documentos referentes a los insectos comestibles en un periodo de 2014-2023.

Tabla 10. Grupos temáticos de co-ocurrencias sobre el tema de insectos comestibles.

Clúster (N° y color)	Nombre	Términos
Clúster 1 (rojo)	Análisis químico del valor nutricional de <i>Archeta domesticus</i> y <i>Tenebrio molitor</i>	<i>Acheta domesticus</i> , amino acids, chemistry, diet, fatty acids, metabolism, mineral, nutrition, nutritional value, proteins, <i>Tenebrio molitor</i>
Clúster 2 (verde)	Coleópteros como piensos para la alimentación de animales	animal feed, animal food, animals, beetle, coleoptera, growth, development and aging, hexapoda, larva, nutritive value, <i>Tenebrio</i>
Clúster 3 (azul)	Estudio comparativo del valor nutricional de los insectos y su efecto en hombres y mujeres	antioxidant, article, comparative study, controlled study, fatty acid, female, food analysis, male, nonhuman, protein content
Clúster 4 (amarillo)	Actitud en el consumo de insectos como una estrategia de seguridad alimentaria	consumer attitude, consumer behavior, edible insects, entomophagy, food safety, humans, insect, insecta, sustainability

3.5.7. Análisis histórico

El análisis histórico sobre el tema en cuestión, exhibió una tendencia al estudio de insectos comestibles, particularmente *Archeta domesticus* y *Tenebrio molitor*. La comunidad científica está interesada en abordar temas dirigidos a la sostenibilidad, evaluación metabólica, determinación de aminoácidos y estudios comparativos (Fig. 7).

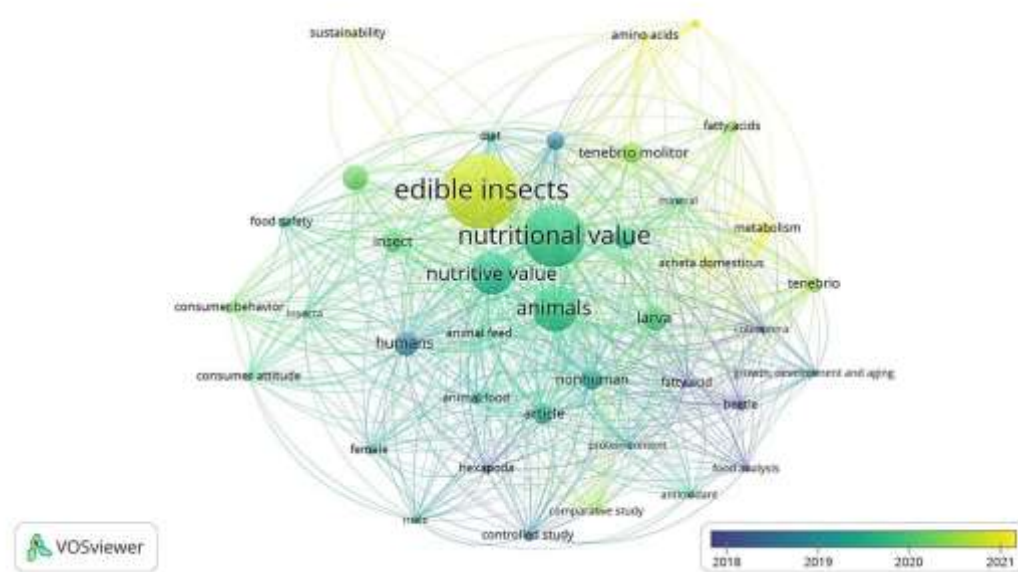


Fig. 7. Mapa bibliométrico del análisis histórico y la tendencia de estudio relacionado a los insectos comestibles.

3.5.8. Red de colaboración entre países

El país con mayor producción científica relacionada al tema de insectos comestibles está liderado por Polonia con un total de 15 publicaciones, seguido de Corea del Sur y Grecia (Tabla 11). En la Fig. 8 se visualizan las redes de colaboración entre diferentes países que abordan contenidos relacionados al tema bajo estudio.

Tabla 11. Detalle del clúster de emparejamiento bibliográfico entre países.

Clúster (Nº y color)	Países	Artículos	Total de citaciones
Clúster 1 (rojo)	Republica Checa	6	152
	Francia	4	122
	Alemania	4	32
	Italia	6	118
	Sudáfrica	4	81
	Corea del Sur	11	127
Clúster 2 (verde)	Brasil	5	83

	Grecia	8	23
	México	7	33
	Portugal	4	37
Clúster 3 (azul)	Polonia	15	191
	Estados Unidos	4	83

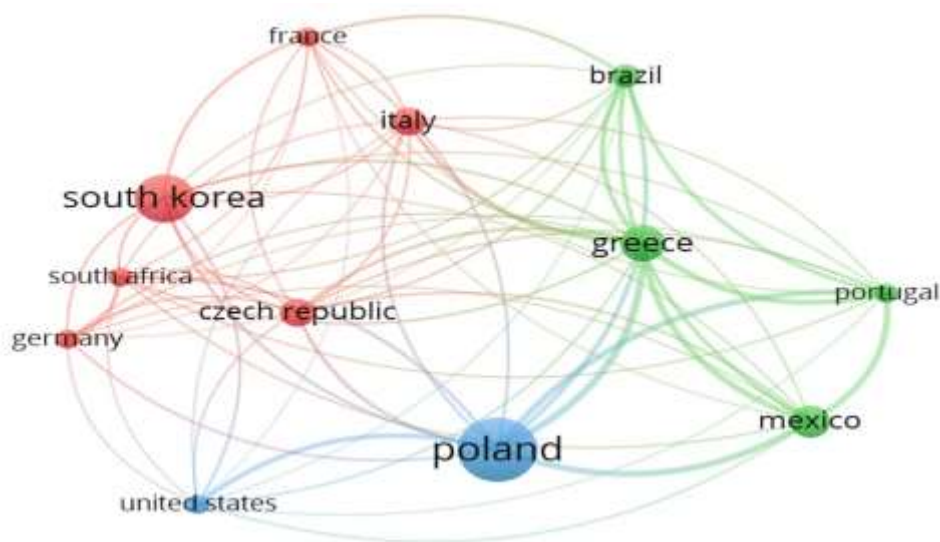


Fig. 8. Redes de colaboración entre países que desarrollan estudios dirigidos al tema de insectos comestibles.

3.5.9. Mapa temático

Los temas del cuadrante superior derecho se caracterizan por una alta centralidad y alta densidad, por lo que se consideran temas ampliamente desarrollados e importantes para la comunidad científica. Los temas ubicados en el cuadrante superior izquierdo se caracterizan por una alta centralidad y baja densidad, y se consideran temas muy desarrollados y aislados, abordados por un grupo específico de investigadores, por lo que son considerados temas de oportunidad o de nicho. Los temas con baja densidad y baja centralidad ubicados en el cuadrante inferior izquierdo se consideran emergentes y no muestran alta prioridad en su estudio. Los temas ubicados en el cuadrante inferior derecho con baja densidad y baja centralidad son considerados estudios fundamentales pero que han sido poco abordados por los investigadores (Fig. 9).

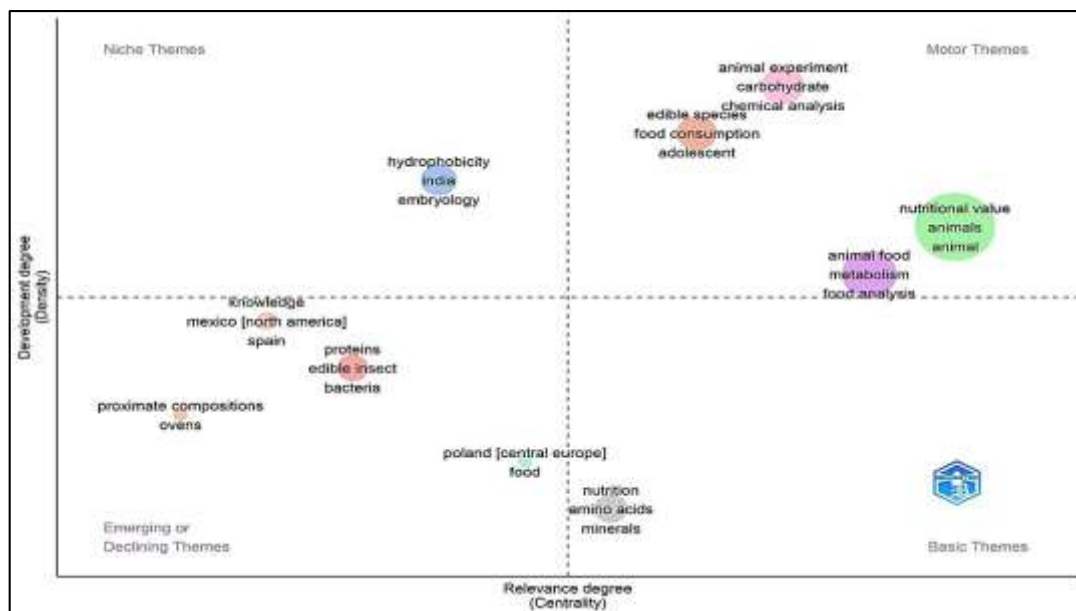


Fig. 9. Mapa temático de la situación actual y la tendencia que muestran los estudios relacionados al tema de insectos comestibles.

3.6. DISCUSIÓN

La tendencia actual del tema bajo estudio mostró que el recurso entomológico ha sido utilizado ampliamente alrededor del mundo, como alimento para animales y humanos. El potencial de incorporar este recurso como elemento que coadyuve a la seguridad alimentaria, así como la necesidad de estudiar su valor nutricional, calidad e inocuidad para incluirse en la industria alimentaria, ha mostrado una tendencia exponencial. Se abordan temas referentes a la sostenibilidad, evaluación metabólica, determinación de aminoácidos, estudios comparativos y nivel de aceptación por parte de sus consumidores (Ververis et al., 2022). Dicho comportamiento pudiera atribuirse a impulsores de conservación que buscan desarrollar alternativas de producción sostenible y amigables con el medioambiente, bajo principios éticos y saludables (Boehm et al., 2021; Ververis et al., 2022). En este contexto Ekmekcioglu et al., (2018) y Onwezen et al., (2021), señalan como dicha tendencia ha mostrado interés por parte de los consumidores, tomadores de decisiones, desarrolladores de políticas y la industria alimentaria, ofreciendo opciones como sustituto de los recursos cárnicos. La Unión Europea (UE) ha desarrollado la ley de “nuevos alimentos” considera a los insectos y sus derivados, destinados al consumo humano; dicha ley contempla un análisis interdisciplinario de valoración química, tecnología alimentaria, microbiología, nutrición humana y toxicología, esto con

la finalidad de identificar y caracterizar los peligros y riesgos relacionados al consumo de nuevos alimentos (Ververis et al., 2022). En este contexto la UE ha otorgado el permiso de consumo y comercialización de tres especies de insectos que ya han sido ampliamente estudiadas: gusano amarillo (*Tenebrio molitor*) (EFSA NDA et al., 2021a), langosta migratoria (*Locusta migratoria*) (EFSA NDA et al., 2021b) y grillo doméstico (*Acheta domesticus*) (EFSA NDA et al., 2021c). Sin embargo, dicha cifra es relativamente baja, ya que de acuerdo con Gasca-Álvarez y González (2022), a nivel mundial se registran alrededor de 2100 especies de insectos comestibles, por lo que el número de trabajos que otorgan valores analíticos sobre la incidencia de elementos endógenos o exógenos de posible preocupación toxicológica, es escaso. Se visualizan áreas de oportunidad y vacíos de conocimiento sobre el tema relacionado a los insectos comestibles, particularmente en análisis de aspecto nutricional, calidad de alimentos e inocuidad de dichos productos. Son escasas las publicaciones científicas relacionadas al análisis de insectos comestibles, exhibiéndose pocas redes de colaboración entre países. En general, el interés sobre el tema alimentario basado en insectos ha sido poco abordado por la comunidad científica. Los conceptos “entomofagia, insectos comestibles y valor nutricional” abarcan distintos campos de estudio. Sin embargo, no se abarcan líneas de investigación vistas desde una perspectiva de la ciencia pura, son estudios multidisciplinarios con alta transversalidad.

El consumo de insectos ha sido una práctica arraigada en diversas culturas a lo largo de la historia (Ramos-Elorduy, 2009). En diversos lugares del mundo, los insectos son una fuente de alimento rico en nutrientes y han sido incorporados a la dieta humana de varias formas. Este recurso se presenta como una alternativa sostenible y nutritiva en comparación con otras fuentes nutricionales de origen animal (Raheem et al., 2019). En la actualidad ha ganado interés como una opción alimentaria innovadora y sostenible (Puzari, 2021); son una fuente valiosa de proteínas, grasas saludables, vitaminas y minerales (Lange y Nakamura, 2021b). En términos de valor nutricional, son una fuente importante de nutrientes esenciales (Chávez Vera, 2022). Por ejemplo, algunos insectos contienen una cantidad significativa de proteínas de alta calidad, comparable o incluso superior a la carne convencional. Además, muchos insectos son ricos en ácidos grasos omega-3, vitaminas del complejo B, minerales como hierro y zinc, y fibra dietética (Gorbunova y Zakharov, 2021). La inclusión de insectos en la dieta puede contribuir a la

diversificación de la ingesta de nutrientes, especialmente en comunidades donde se enfrentan desafíos nutricionales.

La cría de insectos para consumo humano tiene una huella ecológica menor en comparación con la producción de carne, ya que requiere menor superficie de tierra, agua y alimento para su producción (van Huis, 2015; van Huis y Oonincx, 2017; Barton et al., 2020; Iseppi et al., 2021). Se ha demostrado que la emisión de gases de efecto invernadero, derivado de la crianza de insectos es relativamente baja, contrastada con las emisiones ocasionadas por la producción de ganado vacuno (Anankware et al., 2015).

A pesar de los beneficios nutricionales y ambientales que ofrece la producción y consumo de insectos, la aceptación y adopción de este recurso aún enfrenta desafíos culturales y psicológicos en diversos grupos sociales (Ocampo Cadena, 2020). Superar este desafío, requiere de educación continua sobre los beneficios que ofrecen, así como su presentación de una manera gastronómicamente atractiva para mitigar su rechazo (Hopkins et al., 2023). Investigaciones futuras deberían continuar inspeccionando la relación entre la neofobia alimentaria y la aceptación de nuevos alimentos, al mismo tiempo deben desarrollarse estrategias para incrementar la exposición de estos organismos con el fin de crear familiaridad con este recurso alimenticio.

3.7. CONCLUSIONES

Se logró analizar la producción científica relacionada a los insectos comestibles y factores asociados, exhibiéndose la tendencia actual sobre esta línea de investigación y sus vacíos de conocimiento. El tema bajo análisis mostró un comportamiento de tipo exponencial en el desarrollo de publicaciones científicas. El autor, revista y país con mayor impacto científico ligado al estudio de insectos comestibles fueron: Adámková, A, Foods y Polonia, respectivamente. El tema de mayor desarrollo está ligado al análisis de alimentos (piensos), valor nutricional, metabolismo y experimento en animales con dietas elaboradas a partir de insectos. Se visualiza una proyección de estudio científico, dirigido al análisis de alimentos y la sustentabilidad. Son pocos los trabajos científicos relacionados al tema de insectos comestibles dirigidos al consumo humano. Se visualizan áreas de oportunidad para la comunidad científica, los cuales pudieran abordar el tema en comento como una estrategia que coadyuve a la seguridad alimentaria.

3.8. AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Humanidades Ciencia y Tecnología (CONAHCYT). A la Universidad Autónoma Chapingo. Al Doctorado en Ciencias en Agricultura Multifuncional para el Desarrollo Sostenible.

3.9. LITERATURA CITADA

- Abbasi, A., y J. Altmann. 2010. A Social Network System for Analyzing Publication Activities of Researchers Alireza. In *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents* (p. 161). South-Korea.
- Anankware, P.J., K. Fening, E. Osekre, y D. Obeng-Ofori. 2015. Insects as Food and Feed: A Review. *International Journal of Agricultural Research and Review* 3(1): 143–151.
- Aria, M., y C. Cuccurullo. 2017. Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics* 11(4): 959–975.
- Barton, A., C.D. Richardson, y M.B. McSweeney. 2020. Consumer attitudes toward entomophagy before and after evaluating cricket (*Acheta domesticus*)-based protein powders. *Journal of Food Science* 85(3): 781–788. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15043>
- Boehm, E., D. Borzekowski, E. Ververis, M. Lohmann, y G. Böhl. 2021. Communicating Food Risk-Benefit Assessments: Edible Insects as Red Meat Replacers. *Frontiers in Nutrition* 8(1): 1–18. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.749696>
- Cartay, R. 2018. Between shock and disgust: The consumption of insects in the amazon basin. The case of *rhynchophorus palmarum* (coleoptera curculionidae). *Revista Colombiana de Antropologia* 54(2): 143–169. <https://doi.org/10.22380/2539472x.465>
- Chávez Vera, W.M. 2022. La entomofagia y la industrialización de los insectos: Una revisión sistémica. *Revista Estudiantil AGRO-VET* 6(1): 2022. Retrieved from <https://agrovvet.umsa.bo/index.php/AGV/article/view/136>
- Di Vaio, A., R. Palladino, A. Pezzi, y D. Kalisz. 2021. The role of digital innovation in knowledge management systems: A systematic literature review. *Journal of Business Research* 123(1): 220–231. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.09.042>
- Duque Hurtado, P.L., O.E. Meza Aguirre, G.A. Zapata Lesmes, y J.D. Giraldo Castellanos. 2021. Internacionalización de empresas latinas : evolución y tendencias.

<https://doi.org/https://doi.org/10.17981/econcuc.42.1.2021>.

- Echchakoui, S. 2020. Why and how to merge Scopus and Web of Science during bibliometric analysis: the case of sales force literature from 1912 to 2019. *Journal of Marketing Analytics* 8(1): 165–184.
- EFSA NDA Panel, D. Turck, J. Castenmiller, S. De Henauw, K.I. Hirsch-Ernst, J. Kearney, A. Maciuk et al. 2021a. Safety of dried yellow mealworm (*Tenebrio molitor larva*) as a novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. *EFSA Journal* 19(1): e06343. <https://doi.org/https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6343>
- EFSA NDA Panel, D. Turck, T. Bohn, J. Castenmiller, S. De Henauw, K.I. Hirsch-Ernst, A. Maciuk, et al. 2021b. Safety of frozen and dried formulations from migratory locust (*Locusta migratoria*) as a Novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. *EFSA Journal* 19(7): e06667. <https://doi.org/https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6667>
- EFSA NDA Panel, D. Turck, T. Bohn, J. Castenmiller, S. De Henauw, K.I. Hirsch-Ernst, A. Maciuk, et al. 2021c. Safety of frozen and dried formulations from whole house crickets (*Acheta domesticus*) as a Novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. *EFSA Journal* 19(8): e06779. <https://doi.org/https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6779>
- Ekmekcioglu, C., P. Wallner, M. Kundi, U. Weisz, W. Haas, y H.P. Hutter. 2018. Red meat, diseases, and healthy alternatives: a critical review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 58(2): 247–261.
- Gasca-Álvarez, H., y W. González. 2022. Percepción y uso de insectos en las comunidades indígenas de Santa María de Itapinima y Piracemo, Mitú, Vaupés, Colombia. *Revista de La Sociedad Entomológica Argentina* 81(3): 1–16. Retrieved from <https://orcid.org/0000-0003-3307-2345>
- Gorbunova, N.A., y A.N. Zakharov. 2021. Edible Insects As a Source of Alternative Protein. a Review. *Theory and Practice of Meat Processing* 6(1): 23–32. <https://doi.org/10.21323/2414-438X-2021-6-1-23-32>
- Hopkins, I., A. Farahnaky, H. Gill, J. Danaher, y L.P. Newman. 2023. Food neophobia and its association with dietary choices and willingness to eat insects. *Frontiers in*

- Nutrition 10(1): 1–10. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1150789>
- Iseppi, L., M. Rizzo, E. Gori, F. Nassivera, I. Bassi, y A. Scuderi. 2021. Rasch Model for Assessing Propensity to Entomophagy. *Sustainability* 13(8): 1–21. <https://doi.org/10.3390/su13084346>
- Jain, J., N. Walia, S. Singh, y E. Jain. 2022. Mapping the field of behavioural biases: a literature review using bibliometric analysis. *Management Review Quarterly* 72(3): 823–855. <https://doi.org/10.1007/s11301-021-00215-y>
- Knežević, N., S. Grbavac, M. Palfi, M.B. Sabolović, y S.R. Brnčić. 2021. Novel food legislation and consumer acceptance - Importance for the food industry. *Emirates Journal of Food and Agriculture* 33(2): 93–100. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2021.v33.i2.2257>
- Lange, K., y Y. Nakamura. 2021a. Edible insects as a source of food bioactives and their potential health effects. *Journal of Food Bioactives* 14(1): 4–9. <https://doi.org/10.31665/jfb.2021.14264>
- Lange, K.W., y Y. Nakamura. 2021b. Edible insects as future food: chances and challenges. *Journal of Future Foods* 1(1): 38–46. <https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2021.10.001>
- Lee, H.J., H.I. Yong, M. Kim, Y.S. Choi, y C. Jo. 2020. Status of meat alternatives and their potential role in the future meat market - A review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 33(10): 1533–1543. <https://doi.org/10.5713/ajas.20.0419>
- Meysing, A., S. Forneck, A. Razafindrakotomamonjy, y J. Dürr. 2022. Why socio-economic and attitudinal factors cannot predict entomophagy in rural areas of Madagascar. *Journal of Insects as Food and Feed* 8(5): 579–592. <https://doi.org/10.3920/JIFF2021.0086>
- Ocampo Cadena, J.A. 2020. Percepciones sobre el consumo de insectos oomo sustituto de las fuentes de proteínas tradicionales en los consumidores hispanohablantes. *Revista Kavilando* 12(2): 413–228. Retrieved from <https://kavilando.org/revista/index.php/kavilando/issue/archive>
- Onwezen, M., E. Bouwman, M. Reinders, y H. Dagevos. 2021. A systematic review on consumer acceptance of alternative proteins: Pulses, algae, insects, plant-based meat alternatives, and cultured meat. *Appetite* 159(1): 105058.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.appet.2020.105058>

- Pacheco-Almaraz, V., M.I. Palacios-Rangel, E.G. Martínez-González, J.M. Vargas-Canales, y J.G. Ocampo-Ledesma. 2021. La especialización productiva y agrícola desde su análisis bibliométrico (1915-2019). *Revista Espanola de Documentacion Cientifica* 44(3): 1–15. <https://doi.org/10.3989/REDC.2021.3.1764>
- Pérez Vázquez, A., D.A. Leyva Trinidad, y F.C. Gómez Merino. 2018. Desafíos y propuestas para lograr la seguridad alimentaria hacia el año 2050. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 9(1): 175–189.
- Pranckutė, R. 2021. Web of science (Wos) and scopus: The titans of bibliographic information in today's academic world. *Publications* 9(1): 12. <https://doi.org/10.3390/publications9010012>
- Puzari, M. 2021. Prospects of entomophagy. *International Journal of Tropical Insect Science* 41(3): 1989–1992. <https://doi.org/10.1007/s42690-020-00317-2>
- Rabelo Florez, R. 2023. Bacterias y hongos utilizados en la biodegradación de hidrocarburos: Una Revisión de literatura y Análisis Bibliométrico. *Revista EIA* 20(39): 1–35. <https://doi.org/https://doi.org/10.24050/reia.v20i39.1622>
- Raheem, D., A. Raposo, O.B. Oluwole, M. Nieuwland, A. Saraiva, y C. Carrascosa. 2019. Entomophagy: Nutritional, ecological, safety and legislation aspects. *Food Research International* 126(1): 108672. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108672>
- Ramos-Elorduy, J. 2009. Anthro-po-entomophagy: Cultures, evolution and sustainability. *Entomological Research* 39(5): 271–288. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5967.2009.00238.x>
- Rivero, R., M. Amato, F. Verneau, y F. La Barbera. 2023. The Interaction between Message Sensation Value and Food Neophobia in Communication about Insect-Based Foods: An Experiment with Italian Consumers(Article). *Nutrientes* 15(1): 1-12. <https://doi.org/10.3390/nu15010191>
- Rodríguez-Parrales, D.H., L. Erazo-Balladares, J. Delgado-Rubén, y M. Legton-Solórzano. 2023. Incidencia de desnutrición en niños del Ecuador. *Polo de Conocimiento* 8(3): 2243–2255. <https://doi.org/10.23857/pc.v8i3>
- Rodríguez Gutiérrez, J.K., y N.Y. Gómez Velasco. (2017). Redes de coautoría como herramienta de evaluación de la producción científica de los grupos de investigación.

- Revista General de Información y Documentación 27(2): 279-297.
- Sogari, G., M. Amato, I. Biasato, S. Chiesa, y L. Gasco. 2019. The potential role of insects as feed: A multi-perspective review. *Animals* 9(4): 1–15. <https://doi.org/10.3390/ani9040119>
- Torres Gallegos, F., y A.C. Camba Cortéz. 2019. Contribución de los insectos comestibles a la seguridad alimentaria. *Revista Científica Aristas* 1(2): 5–17. Retrieved from https://revistacientificaistjba.edu.ec/images/joomgallery/details/gallery_2/gallery_1_9/volpdf1.pdf#page=6
- Van Eck, J., y L. Waltman. 2010. *Software survey: Vosviewer, a computer program for bibliometric mapping*. *Scientometrics*.
- Van Huis, A., J. Van Itterbeeck, H. Klunder, E. Mertens, A. Halloran, G. Muir, y P. Vantomme. 2013. Edible Insects: Future Prospects for Food and Feed Security. In E. Rojas-Briales, E., y Van den Ende (Ed.), *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO FOREST, Vol. 97). Retrieved from <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/258042>
- van Huis, A. 2015. Edible insects contributing to food security? *Agriculture and Food Security* 4(1), 1–9. <https://doi.org/10.1186/s40066-015-0041-5>
- van Huis, A., y D.G.A.B. Oonincx. 2017. The environmental sustainability of insects as food and feed. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 37(5): 4–14. <https://doi.org/10.1007/s13593-017-0452-8>
- Ververis, E. G. Boué, M. Poulsen, S.M. Pires, A. Niforou, S.T. Thomsen, V. Tesson, M. Federighi, y A. Naska. 2022. A systematic review of the nutrient composition, microbiological and toxicological profile of *Acheta domesticus* (house cricket). *Journal of Food Composition and Analysis* 114(1): 104859. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104859>
- Zupic, I., y T. Čater. 2015. Bibliometric Methods in Management and Organization. *Organizational Research Methods* 18(3): 429–472.
- Zuschke, N. 2020. An analysis of process-tracing research on consumer decision-making. *Journal of Business Research* 111(1): 305–320. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.01.028>

4. CULTURAL PRACTICES AND IMPORTANCE OF THE FLORISTIC-LIVESTOCK COMPONENT IN AGROECOSYSTEMS OF ATZALAN, XOCHIAPULCO, PUEBLA
PRÁCTICAS CULTURALES E IMPORTANCIA DEL COMPONENTE FLORÍSTICO-PECUARIO EN AGROECOSISTEMAS DE ATZALAN, XOCHIAPULCO, PUEBLA

4.1. ABSTRACT

The floristic-livestock component of agroecosystems in Family Production Units (UPF) promotes socio-cultural wealth. The value of floristic-livestock cultural importance was identified to propose good productive management practices. From October 2021 to January 2022, semi-structured interviews and field trips were applied. The UPF, cultural practices, performance, sale prices, type of use, arrangement-spatial distribution, and physical-environmental variables were characterized. Likewise, external economic income that contributes to the family economy was detected. Cultural importance index (CI), principal component analysis (PCA), Kruskal-Wallis, Tukey's test, and Hart diagram were applied. Two types of agroecosystems were recorded, with a slope that varied between 5 and 35 % and a minimum-maximum environmental temperature of 21.2 and 26.3 °C, respectively. The UPF was integrated into a higher percentage of older adults with unfinished primary school. According to information from producers, the milpa system (corn-beans-squash) had an average yield of 244.5 kg of corn and 33.5 kg of beans. 97 useful floristic species and 14 uses of them were registered. The spatial floristic arrangement was random, uniform, and semi-uniform. The floristic-livestock CI registered high values for: *Persea americana* (4.5), *Phaseolus vulgaris* (3.0), *Prunus persica* (3.7), and *Zea mays* (4.3); chickens (2.3), turkeys (0.9), ducks (0.9) and pigs (0.9), respectively. The floristiclivestock PCA showed a higher correlation as living support, obtaining fruits and firewood; Obtaining meat, and eggs, as a gift, breeding, and fertilizer. Despite the economic-migratory problems of the evaluated area, the floristic-livestock cultural use is still preserved.

Citar como: Romero-Díaz, C., Ugalde-Lezama, S., Valdés-Velarde, E., Tarango-Arámbula, L.A. (2023). Cultural practices and importance of the floristic-livestock component in agroecosystems of Atzalan, Xochiapulco, Puebla. *Revista Bio Ciencias*, 10, Article 1355. <https://doi.org/10.15741/revbio.10.e1355>

KEY WORDS: Food security, multiple uses, agroforestry management, and main components.

4.2. RESUMEN

El componente florístico-pecuario de agroecosistemas en Unidades de Producción Familiar (UPF) fomenta la riqueza sociocultural. Se identificó el valor de importancia cultural florísticopecuario para proponer buenas prácticas de manejo productivo. De octubre de 2021 a enero de 2022 se aplicaron entrevistas semiestructuradas y recorridos de campo. Se caracterizaron las UPF, prácticas-culturales, rendimiento, precios de venta, tipo de uso, arreglo-distribución espacial y variables físico-ambientales. Asimismo, se detectaron ingresos económicos externos que contribuyen a la economía familiar. Se aplicó índice de importancia cultural (CI), análisis de componentes principales (PCA), Kruskal-Wallis, prueba de Tukey y diagrama de Hart. Se registraron dos tipos de agroecosistema, con una pendiente que varió entre 5 y 35 % y una temperatura ambiental mínima-máxima de 21.2 y 26.3 °C, respectivamente. Las UPF se integraron en mayor porcentaje por adultos mayores con primaria inconclusa. De acuerdo con información de los productores, el sistema milpa (maíz-frijol-calabaza) tuvo un rendimiento promedio de 244.5 kg de maíz y 33.5 kg de frijol. Se registraron 97 especies florísticas útiles y 14 usos de las mismas. El arreglo florístico espacial fue aleatorio, uniforme y semi-uniforme. El CI florístico-pecuario registró valores altos para: *Persea americana* (4.5), *Phaseolus vulgaris* (3.0), *Prunus pérsica* (3.7) y *Zea mays* (4.3); pollos (2.3), guajolotes (0.9), patos (0.9) y cerdos (0.9), respectivamente. El PCA florístico-pecuario mostró mayor correlación cómo: soporte vivo, obtención de frutos y leña; obtención de carne, huevos, cómo obsequio, cría y abono. A pesar de los problemas económico-migratorios del área evaluada aún se preserva el uso cultural florístico-pecuario.

PALABRAS CLAVE: seguridad alimentaria, uso múltiple, manejo agroforestal, componentes principales.

4.3. INTRODUCTION

Floristic richness is an element that has allowed humans to satisfy their needs through domestication in agricultural production systems; the use of this resource has been transmitted from generation to generation, helping to improve aspects of food, health, and well-being of low-income populations (Hurtado *et al.*, 2006; Gómez *et al.*, 2016). Each social group develops a concept of the surrounding environment, observes and perceives independently from the goods and services that nature offers, and, in response, adopts particular strategies in the use and management of resources (Toledo *et al.*, 1995). Some services that production means provides are food, ornamental species, fodder, firewood as energy material, construction materials, shelter, medicine, dyes, personal grooming, elements of mystical use, work tools, handicrafts, and fences, among others (Castañeda & Albán, 2016).

In Mexico, peasant communities have kept a strong relationship concerning the floristic resource that surrounds them, listing an average of 500 useful species that determine their social, cultural, and natural heritage, defining part of their diet, clothing, cultural, craft and medicinal activities (Lara-Vázquez *et al.*, 2013; Balcázar-Quiñones *et al.*, 2020). However, despite the knowledge of the communities about the use of plants, currently, due to migration and cultural variants, there is a loss of knowledge and cultural identity (Dweba & Mearns, 2011; Gálvez & Peña, 2015). Additionally, factors such as land ownership, lack of technical advice, time allocated to production, lack of water, the structure of the family production unit, and the health of producers, among others, some elements add to the loss of knowledge and abandonment of plots (Márquez-Berber *et al.*, 2012). Given this, the interest to recover and document the cultural identity of these social groups represents an exponential trend, such studies are based on quantitative analyses that allow visualizing a hierarchical level of cultural importance based on the use of each social group (Rivas *et al.*, 2020; Rascón *et al.*, 2021).

The community of Atzalan is located in the northern highlands of Puebla state, México, and belongs to the municipality of Xochiapulco, currently having a total of 283 inhabitants of which 70.32 % are the indigenous population. This community

is classified as an area of extreme poverty with priority attention (CONEVAL, 2020). Despite this, ancestral knowledge persists and has allowed the inhabitants to acquire resources from the natural environment for food and to cover different needs. However, in recent years there has been an increase in the migration of young people to the United States of America in search of better opportunities (CONAPO, 2020). This has caused the abandonment of the Family Production Units (UPF) and the loss of ancestral knowledge, added to this, people who still preserve their means of production, in many cases, are older adults that lack technical assistance and available labor, reducing the production yield and discouraging producers. Therefore, the present study aimed to identify the value of floristic livestock cultural importance (plants and animals under a certain degree of domestication and with some type of use) through the characterization of agroecosystems to propose better production and management practices.

4.4. MATERIAL AND METHODS

The evaluated area is located in the community of Atzalan, Xochiapulco, Puebla, México (19° 53' 49" N and 97° 37' 17" W. 1 565 masl). The area has a semi-warm humid climate with year-round rainfall and a temperature range of 14 to 20 °C (Franco-Mora *et al.*, 2008). Ten study units (SU) were established, each one considered as an agroecosystem and UPF; this was done through a systematic sampling design. A sample size of 10 key informants was obtained for data collection. Monitoring of variables was developed every month from October 2021 to January 2022, using semi-structured interviews and field visits (Vásquez *et al.*, 2021); both were applied and conducted within the first eight days of each month. Botanical samples identified to species level were collected together (an ID was generated, which consisted of taking the first three letters of the genus and species; this was for better manipulation in the statistical analysis; for example, *Allium sativum* = AllSat). Likewise, for better identification, the common name indicated by the informants and photographic resources were used. The structure of each UPF was characterized (sex and age of the members of each family unit), cultural practices, yield, cost/benefit analysis, sale

prices of the products, type of use of the plants-animals, and arrangement and spatial distribution of the plants. Some physical and environmental variables (slope percentage, relative humidity, and environmental temperature) were also measured using a clinometer and digital hygrometer, respectively. The cultural importance index was determined using the model proposed by Tardío & Pardo-de-Santayana (2008), which allows the identification of the most culturally significant plants based on the recorded, using the following equation:

$$CIs = \sum_{u=u1}^{uNC} \sum_{i=1}^{iN} UR_{ui} / N$$

Where:

CIs = Cultural importance of species e.

UR_{ui} = Reports of the use of the species e.

N = Number of informants considered in the study.

It is important to mention that according to this index, an evaluation scale from 0 to 14 was used for plants and from 0 to 9 for animals, based on the number of registered uses.

A principal component analysis (PCA; Jiménez-Escobar, 2021; Martínez-Yoshino *et al.*, 2021) was used to determine the main uses of plants and animals. These analyses were performed in the XLSTAT statistical software version 2018.7.5 (XLSTAT, 2018). Additionally, to detect possible differences in the type of use employed for the plant species recorded, a Kruskal-Wallis analysis and Tukey test were applied, both using the Statistical Analysis System (SAS) (SAS, 2009) JMP IN version 8.0.2. To graphically visualize the interaction of the agroecosystem components, seen as a single production model, a cyclic Hart diagram was applied (Hart, 1985; Spedding, 1995; Machado *et al.*, 2015). Similarly, to have a better description of each UPF, external economic inputs that contribute to the development of each agroecosystem were identified. Finally, based on published literature from different scientific journals, good agro-productive management practices were proposed to achieve better production results.

4.5. RESULTS AND DISCUSSION

The evaluated agroecosystems were mostly represented by simultaneous agrosilvopastoral systems. The percentage of slope inclination recorded for each system fluctuated between 5 and 35 %, oriented in major proportion toward eastern exposure. In these agroecosystems, the average environmental temperature registered minimum and maximum values of 21.2 °C and 26.3 °C, respectively. The minimum and maximum average relative humidity were 72.6 % and 90.0 %, respectively. The UPF was represented in major percentages by older adults (42.0 %), adults (30.7 %), children (19.2 %), and young people (7.7 %). Obtained information about the schooling of participants was incomplete, primary school (70 %) and completed primary school (30 %) (Table 12). These data are consistent with those reported by Salazar-Barrientos *et al.*, (2015); Estrada & Escobar (2020), and Arcos *et al.* (2021), who pointed out that the family structure is broken by sociocultural problems that force young people to migrate in search of better opportunities; generating labor shortages, loss of knowledge and abandonment of agricultural production.

Table 12. UPF structure in each study unit.

	SAF	Sex	Age	AS	NFM	Children	Youths	Adults	OA
Informant A	AGS	W	71	UES	2	0	0	0	2
Informant B	ASy	W	41	FES	5	2	1	2	0
Informant C	AGS	M	76	UES	2	0	0	0	2
Informant D	ASy	M	65	UES	2	0	0	0	2
Informant E	ASy	W	55	FES	2	0	0	2	0
Informant F	ASy	M	68	UES	5	2	0	2	1
Informant G	ASy	M	65	UES	2	0	0	0	2
Informant H	ASy	W	88	UES	1	0	0	0	1
Informant I	ASy	W	73	UES	1	0	0	0	1
Informant J	ASy	W	49	FES	4	1	1	2	0

SAF = agroforestry system, AGS = agrosilvicultural system, ASy = Agrosilvopastoral Systems, W = Woman, M = Man, AS = Academic Studies, UES = Unfinished Elementary School, FES = Finished Elementary School, NFM = Number of family members, OA = older adults.

In all agroecosystems, the most important agricultural activity was the milpa system (maize [white and yellow] in association with beans and squash), in which eight cultural practices were developed, most of which are covered by family and

external labor. The payment per day is \$130.00 (Table 13). In addition, some informants mentioned that when their economic possibilities allow them to purchase chemical fertilizers, they apply them during the cleaning and hilling period (Table 14).

Table 13. Day wages are employed in the cultural practices of the milpa system.

Head of family / Key informant	CUG		SP		WR		Fertilization		Pruning		Hilling		Fold		Harvest	
	F	E	F	E	F	E	FW	EW	F	E	FW	EW	F	E	F	E
	W	W	W	W	W	W			W	W			W	W	W	W
Informant A	0	3	0	3	0	5	0	1	0	0	0	4	0	3	0	3
Informant B	4	0	4	0	4	2	2	0	0	0	3	0	3	0	3	0
Informant C	4	0	2	0	3	0	2	0	0	0	4	0	2	0	5	0
Informant D	4	0	3	0	4	0	2	0	0	0	3	0	1	0	3	0
Informant E	1	0	2	1	2	1	1	0	1	0	2	0	2	0	2	0
Informant F	2	1	2	1	2	5	2	0	2	0	2	5	2	2	3	0
Informant G	1	0	1	0	2	0	0	0	0	0	2	0	1	0	1	0
Informant H	0	5	0	3	0	4	0	2	0	0	0	4	0	5	0	3
Informant I	0	8	0	4	0	10	0	2	3	0	0	5	0	5	0	5
Informant J	4	0	3	1	3	2	2	0	2	0	3	2	3	0	3	0

CUG = clean up the ground, SP = seed planting, WR = Weed removal, FW = family workforce, EW = external workforce.

Table 14. Quantity and cost of the fertilizer applied during the development of the milpa system.

Head of family / Key informant	Quantity (packages)	Unit price (package)	Total
Informant A	5	\$300.00	\$1,500.00
Informant B	4	\$450.00	\$1,800.00
Informant C	4	\$400.00	\$1,600.00
Informant D	4	\$350.00	\$1,400.00
Informant E	2	\$500.00	\$1,000.00
Informant F	4	\$500.00	\$2,000.00
Informant G	0	\$0.00	\$0.00
Informant H	8	\$500.00	\$4,000.00
Informant I	6	\$500.00	\$3,000.00
Informant J	3	\$500.00	\$1,500.00

The yield of maize (on an average area of 0.5 ha) averaged 244.5 kg and 33.5 kg of beans, both of which are self-consumption products; however, small portions are sometimes traded among the local inhabitants and in the local market. The

selling price per kg of maize (white) varies from \$7.00 to \$10.00 and beans from \$40.00 to \$62.00 (Table 15).

Table 15. Yield and sale price of the products derived from the milpa system.

Head of family / Key informant	Yield (kg)		Sale price		Sales place		Freight cost
	Corn	Bean	Corn	Bean	Locality	Local market	
Informant A	200	30	\$7.00	SC	1	0	0
Informant B	400	50	\$7.00	\$46.00	1	0	0
Informant C	100	30	\$8.00	SC	1	0	0
Informant D	70	50	\$7.50	\$62.00	1	1	\$150.00
Informant E	200	25	\$9.00	SC	1	0	0
Informant F	300	40	SC	\$48.00	1	0	0
Informant G	75	20	SC	SC	SC	0	0
Informant H	250	40	SC	SC	SC	0	0
Informant I	400	30	\$10.00	\$40.00	1	0	0
Informant J	450	20	SC	SC	SC	0	0

*SC = self-consumption.

The informants visualize their children working outside the community. Some of them pointed out that the fields no longer produce in the same way and believe that climate variation has determined the yield of production (Table 16). Due to the increase in temperature, they have even stopped growing corn (blue and red), avocado, Chinese pomegranate, and red passion fruit, among others, since the increase in temperature has caused the appearance of pests (corn weevil and fruit fly) and decreases in yield and quality of the product. Regarding the labor used for the registered tasks, it agrees with Chamba-Morales *et al.* (2019) and García *et al.* (2019) reported the use of a greater proportion of family labor in peasant agriculture activities; however, this labor force has been reduced due to the departure of young people, who have moved to the cities in search of better opportunities.

Livestock products, as well as agricultural products, are destined for self-consumption; however, sometimes the eggs they obtain and collect are sold by the piece to local neighbors for \$3.00. Chickens, which are rarely sold, have an average price of \$150.00 (selling males and keeping the females for egg laying).

Pigs are sold at an average price of \$37.00 per kg and carcasses at \$80.00 per kg. Stallions are used to fertilize the breeding sow in the agroecosystem; however, the loan of the stallion to other people consists of retributing two piglets (small pigs) to the stallion's owner; the price of each piglet averages \$800.00. The adult turkey is sold in the local market for \$500.00. Small and adult ducks are sold locally at an average price of \$30.00 and \$250.00, respectively.

A total of 269 useful plants were recorded in the UPF, distributed in 51 families and 97 species (Figure 10). Of the total species, 60 were herbaceous, 21 were arboreal, and 16 shrubby. They exhibited a total of 14 uses, with a higher percentage for fruit, ornamental and medicinal species (Figure 11; Annex 1). The spatial arrangement of the floristic component presented a higher percentage of random distribution, followed by uniform and semi-uniform distributions (Figure 12). These results agree with what was exposed by Castañeda & Albán (2016) and Gómez *et al.* (2016) who determined the index of cultural value in agricultural production systems in Peru and Tabasco, Mexico, respectively; however, the dominant species for Mexico were species of the Fabaceae, Rutaceae, Lamiaceae, and Euphorbiaceae family; the latter confirms what was exposed by Garro (1986); Uribe-Gómez *et al.* (2015); Balcázar-Quiñones *et al.* (2020); and Camacho *et al.* (2021) who agreed that the structure, composition, and distribution of species are determined based on the geographic area. This reflects the cultural importance of the species recorded and how they have remained present despite the economic and migratory problems experienced in each of the evaluated agroecosystems.

Plants with the highest number of uses evaluated by the cultural importance index reported high values for *Citrus × Aurantium* (2.4), *Cucurbita ficifolia* (2.7), *Persea americana* (4.5), *Phaseolus vulgaris* (3), *Prunus pérsica* (3.7), *Ruta graveolens* (2.3), *Sicyos edulis* (2.3), *Tagetes tenuifolia* (1.8) and *Zea mays* (4.3); the rest of evaluated plants showed lower results. In addition, livestock species with the highest importance index were chickens (2.3), turkeys (0.9), ducks (0.9), and pigs (0.9) (Table 17). These results are consistent with those reported by Uribe-Gómez *et al.* (2015) and Gómez *et al.* (2016) which reported greater cultural importance

in fruit, medicinal, and grain species. The importance of the multifunctionality represented by the tree component, which showed the greatest number of uses, is highlighted, thus corroborating the findings of Burgos *et al.* (2016); White-Olascoaga *et al.* (2017), and Vásquez *et al.* (2021) who emphasize the multifunctionality (social, economic and environmental) of this component; pointing out its dynamics according to the needs and objectives of each producer. Similarly, it agrees with reported by Ángel *et al.* (2017) which reported out the cultural value of tree species (shade, fodder, fruits, live fences, climate change mitigation, etc.) associated with agroforestry systems, indicating that the random distribution of trees is a limitation for better agroforestry management.

Table 16. Production costs and benefit-cost analysis of the milpa system.

Head of family / Key informant	Production cost (\$ /0.5 ha)	Yield (kg)		Gross Income (\$)		Total	Benefit/cost ratio
		Corn	Bean	Corn	Bean		
Informant A	4360.00	200	30	1700	1470	3170	0.727
Informant B	5050.00	400	50	3400	2450	5850	1.158
Informant C	4460.00	100	30	850	1470	2320	0.520
Informant D	4000.00	70	50	595	2450	3045	0.761
Informant E	2950.00	200	25	1700	1225	2925	0.992
Informant F	6030.00	300	40	2550	1960	4510	0.748
Informant G	1170.00	75	20	637.5	980	1617.5	1.382
Informant H	7380.00	250	40	2125	1960	4085	0.554
Informant I	8460.00	400	30	3400	1470	4870	0.576
Informant J	5140.00	450	20	3825	980	4805	0.935

The value of livestock importance agrees with that reported by Chablé-Pascual *et al.* (2015) and Monroy-Martínez *et al.* (2016) reported that family livestock represented in greater proportion by chickens, turkeys, and cows, are used for self-consumption purposes; however, they also represent savings for the owner since they may acquire exchange value (sale) in emergent situations (health expenses, purchase of school supplies, funeral expenses, among others). In this way, present findings are in line with Wilson (2021) who asserted that hens for meat and egg production in agroecosystems are low-yielding, as are the inputs applied (feed, medicine, labor); their production contributes to poverty alleviation, promotes food security and creates employment opportunities; they are also an

asset that can be easily transformed into economic income; the latter is in agreement with the reports of Novelo *et al.* (2016) and Aguilar *et al.* (2019) who emphasize that chickens are the main livestock element due to the little management employed; they also mentioned that UPFs feed these species using grass and kitchen waste, thus avoiding costs for external inputs; they also indicated that this resource is used for self-consumption and sometimes chickens are used for festivities and customs of the region. Sutherland (2020) reported other cultural uses that are not contemplated and are rarely valued, for example, the quantification of the use of species as pets, based on the emotional comfort or service they provide: hugging a hen, living with farm animals, assigning a name, among others; likewise, this author highlights the cultural importance of pets (domestic fauna and wildlife), which were not contemplated in the present study.

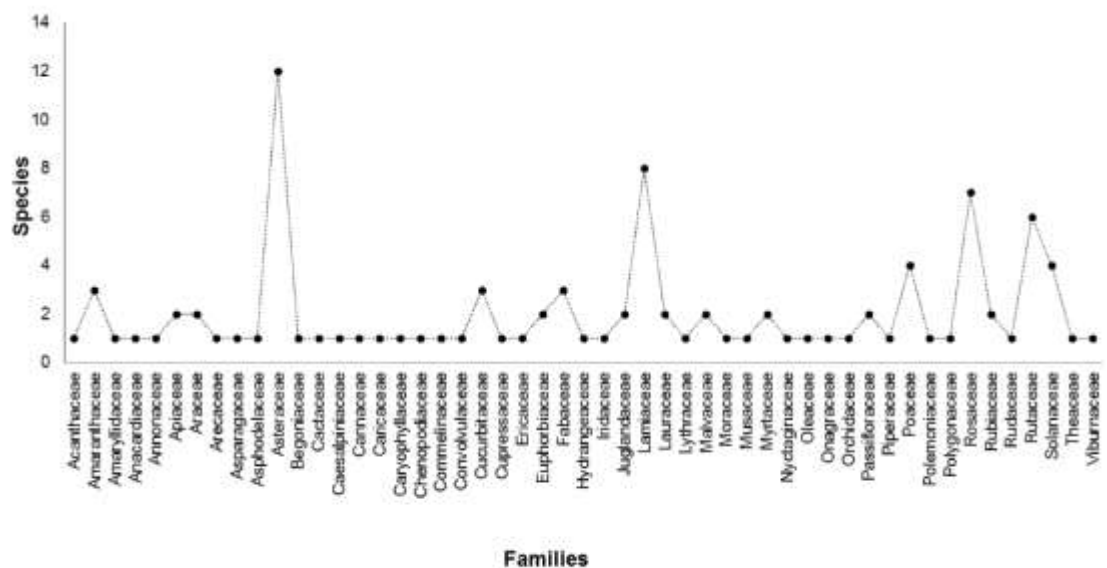


Figure 10. The number of useful species for each registered floristic resource family.

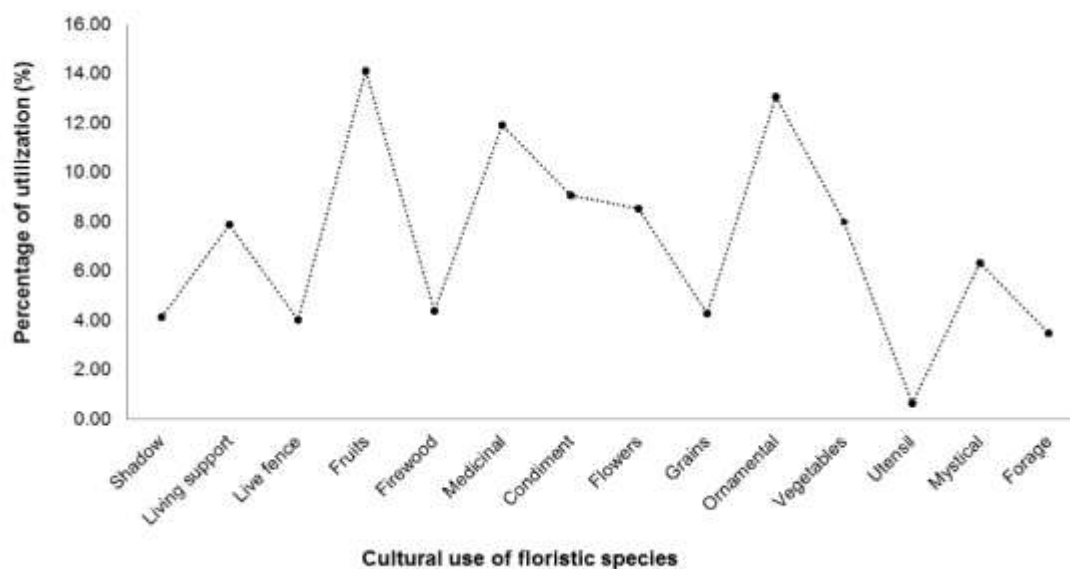


Figure 11. Percentage and type of use of the different registered floristic species.

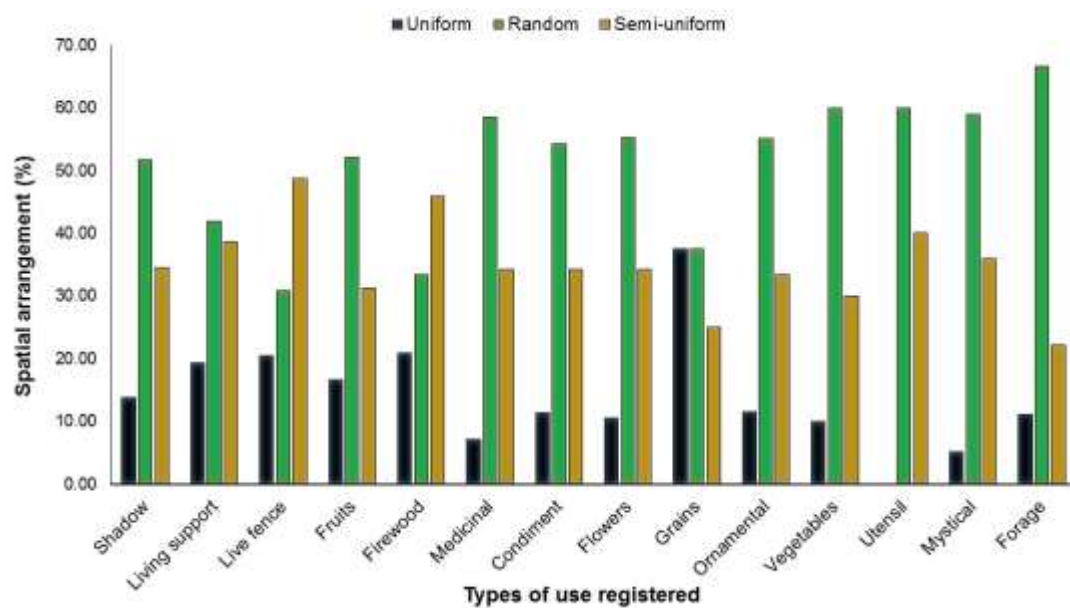


Figure 12. Cultural use of plants and their distribution in the agroecosystem.

Table 17. The cultural importance of the livestock species registered in the UPFs.

Species	Present	Meat	Eggs	Mystical	Pregnancy	Sale alive	Charge	Breeding	Compost	UL	CI
Turkeys	1	0	2	0	2	3	0	1	0	9	0.9
Chickens	3	4	8	0	0	0	0	4	4	23	2.3
Ducks	0	1	3	3	0	1	0	1	0	9	0.9
Pigs	0	2	0	0	1	2	0	1	3	9	0.9
Sheep	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2	0.2
Horses	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2	0.2
Steers	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2	0.2
Rabbits	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0.1

UL = usage log, CI = cultural importance.

The PCA showed a proportion of accumulated variance in its first five axes (components) of 74.28 % for the floristic resource (Table 18; Figure 13) and 98.90 % for the livestock component (Table 19; Figure 14). The variability present among the parameters that conform and determine the type of use of plants and animals in the evaluated agroecosystems is explained. It was observed a greater correlation between vegetation and its use for living support, fruit, and firewood. The livestock resource showed a higher correlation for its use in obtaining meat, eggs, gifts, breeding, and plant fertilizer.

Table 18. Main components of the type of use used for the registered vegetation.

Indicators	Component 1	Component 2	Component 3	Component 4	Component 5
Shadow	0.35	0.183	0.011	0.157	0.019
Living support	0.769	0.017	0.007	0.013	0.007
Live fence	0.035	0.009	0.061	0.505	0.131
Fruits	0.745	0	0	0.026	0
Firewood	0.492	0.136	0.014	0.006	0.076
Medicinal	0.018	0.056	0.272	0.436	0.002
Condiment	0.197	0.201	0.029	0.013	0.171
Flowers	0.004	0.314	0.318	0.024	0.01
Grains	0.168	0.669	0.009	0.002	0.008
Ornamental	0.106	0.007	0.658	0.07	0.028
Vegetables	0.16	0.633	0	0.004	0.001
Utensil	0.003	0.003	0.001	0.101	0.523
Mystical	0.076	0.025	0.556	0.062	0.09
Forage	0.07	0.507	0.018	0.004	0.002
Importance of components					
Standard deviation	3,194	2,758	1,955	1,423	1,069
Variation ratio	22,814	19,703	13,962	10,168	7,636
Cumulative proportion	22,814	42,517	56,478	66,646	74,282

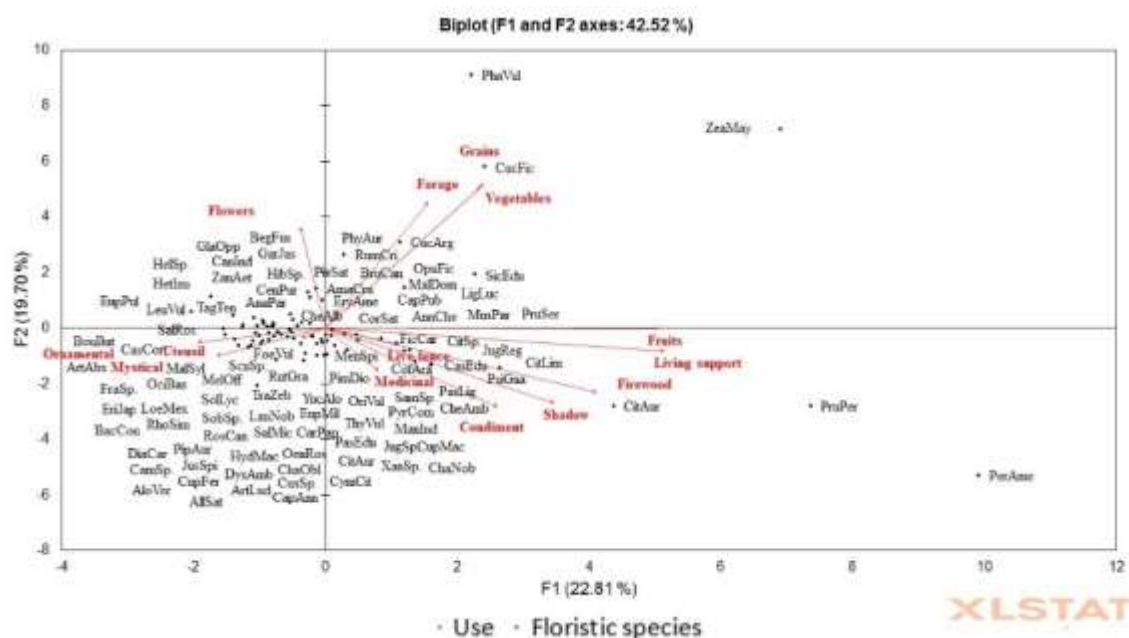


Figure 13. Results of the ACP Bi-plot of the type of use of the recorded vegetation.

Table 19. Main components of the livestock use of the registered species.

Indicadores	Component 1	Component 2	Component 3	Component 4	Component 5
Present	0.855	0.015	0,011	0,032	0,075
Meat	0.905	0	0,000	0,003	0,086
Eggs	0.85	0	0,062	0,054	0,021
Mystical	0.003	0.011	0,861	0,056	0,069
Pregnancy	0.007	0.859	0,038	0,080	0,000
Sale alive	0.056	0.891	0,001	0,006	0,031
Charge	0.067	0.288	0,196	0,422	0,027
Breeding	0.939	0.004	0,007	0,003	0,015
Compost	0.631	0.003	0,153	0,040	0,169
Importance of components					
Standard deviation	4,312	2,072	1,329	0,695	0,494
Variation ratio	47,916	23,021	14,764	7,720	5,487
Cumulative proportion	47,916	70,937	85,702	93,421	98,909

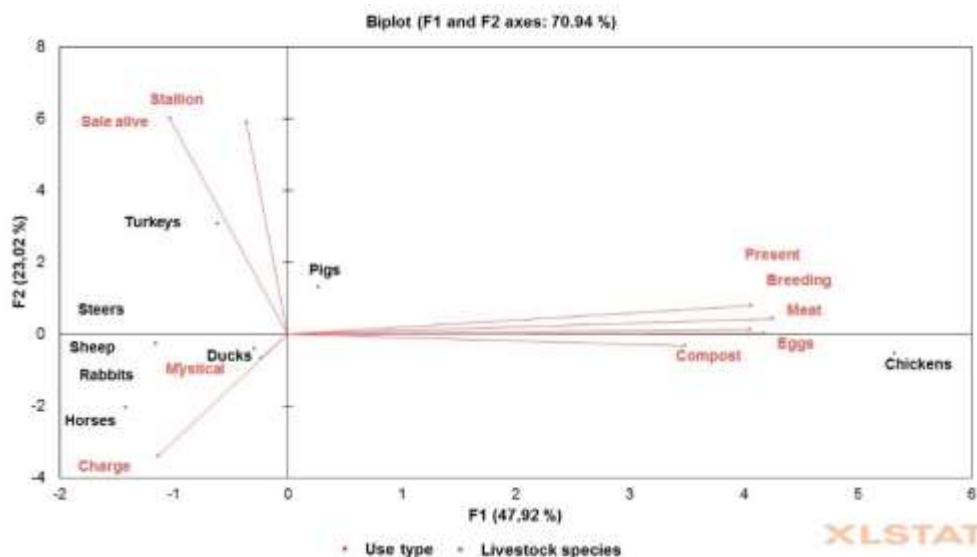


Figure 14. Results of the ACP Bi-Plot for the livestock resource and its type of use.

The Kruskal-Wallis test showed significant differences in the number of species recorded for each type of use ($p = 0.0004^*$). The Tukey analysis showed that the species used to obtain firewood, forage, condiment and live support (a plant that serves as a tutor for climbing species to develop on its stem or trunk) were similar; on the other side, the species used for live fences (tree or shrub plants used to delimit plots or production areas, or to prevent animals from moving from one place to another), ornamentals and for obtaining grains (Table 20).

Table 20. Tukey's analysis for the number of species recorded for each type of use.

Type of use	Levels				Average
Grains	A				5.5
Vegetables	A	B			4.13
Fruits	A	B	C		3.51
Living support	A	B	C	D	3.21
Condiment	A	B	C	D	3.04
Forage	A	B	C	D	2.7
Firewood	A	B	C	D	2.61
Flowers		B	C	D	2.37
Medicinal			C	D	2.09
Mystical		B	C	D	1.96
Ornamental				D	1.9
Shadow			C	D	1.77
Utensil	A	B	C	D	1.66
Live fence				D	1.47

Note: Levels not connected by the same letter presented a significant statistical difference.

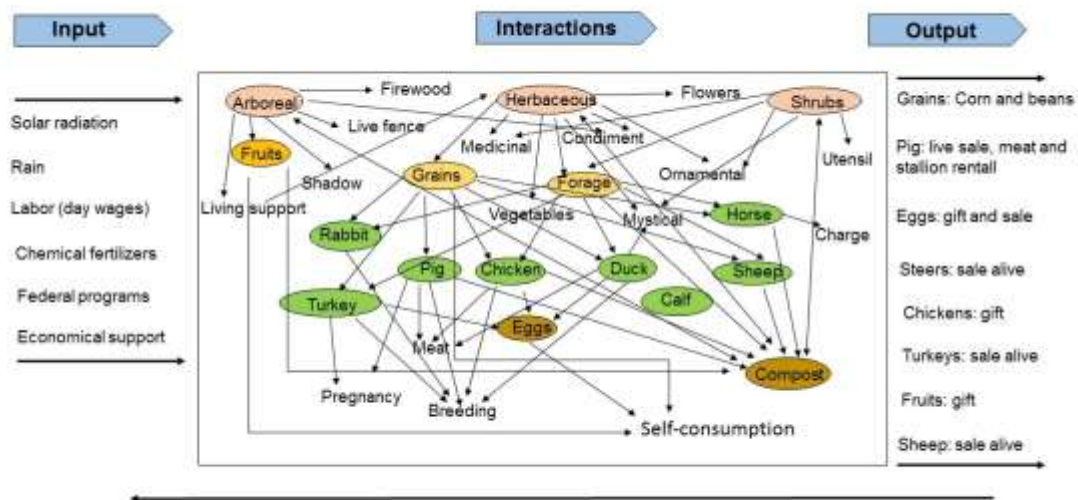


Figure 15. Hart diagram showing the interaction between the components of the agroecosystem.

Hart's diagram showed a cyclical and productive model based on physical, social, and ecological interactions that explain the correlation between elements that interact within the agroecosystem (Figure 15).

Eight activities outside the agroecosystem were detected as significantly contributing to economic income. Informants indicated that, in times of low productive activity, they may acquire external resources by selling their labor force or by performing different productive activities. Another means of generating income is through federal or government subsidies, as well as economical support they may receive from family members working in different cities (particularly the capital of Puebla state and Mexico City). Similarly, three informants indicated that they belong to an ejido group that is in charge of a tourist center, which contributes to their economic income (Table 21). These results are consistent with the findings of Uribe-Gómez *et al.* (2015); Jarquín *et al.* (2017), and Cuevas (2019) who mention how the head of household in periods of low activity sells his labor force and performs external work to acquire extra income and cover household needs; likewise, they indicated that economic support from relatives working in a different city or outside the country, along with government subsidies (senior citizens,

single mothers, and student scholarships) contribute to the survival of families; however, the latter has generated paternalism in the production units, reducing the economically active population.

Table 21. External tasks that contribute financially to the UPF.

Head of family / Key informant	SWB	SD	SL	Bricklayer	SC	TC	FS	GS
Informant A	0	0	0	0	0	1	0	1
Informant B	0	0	1	1	0	0	0	1
Informant C	1	0	0	0	0	0	1	1
Informant D	0	1	0	0	0	0	1	1
Informant E	0	0	1	0	0	1	1	0
Informant F	0	0	1	0	0	0	1	1
Informant G	0	0	0	0	1	0	1	1
Informant H	0	0	0	0	0	0	1	1
Informant I	0	0	0	0	0	0	1	1
Informant J	0	0	1	0	0	1	1	1

SWB = Sale of wooden benches, SD = Sale of delicacies, SL = sale of labor, SC = sale of coal, TC = touristic center, FS = familiar support, GS = Government support.

Strategies for the implementation of good agro-productive management practices.

Given that the evaluated plots present a rugged orography and random floristic distribution, it is proposed to design more uniform distribution arrangements, using the contour line methodology for the tree and shrub stratum, according to Coulibaly *et al.* (2018); Tejeda *et al.* (2021) and Nabati *et al.* (2022), this should avoid soil loss and contribute to moisture retention, allowing a better development of the productive components.

Based on the guide proposed by Barrantes (2013) on techniques for the implementation of agroforestry systems, it is recommended to apply pruning for the formation and fruiting of tree species, in addition to avoiding or reducing the use of these plants as living support for vines (beans, squash, hedgehog, among others) that develop competition for solar radiation.

According to Rahman *et al.* (2018) and Kumar (2019) it is recommended to use insecticides, fungicides, and nematicides, made from organic products that avoid

soil contamination and contribute to better productive development by reducing the incidence of pests.

It is suggested to increase the number of poultry (chickens, ducks, hens, and turkeys) in each agroecosystem. This is because they are the livestock product that generates the most goods and uses.

It is also recommended to establish fruit species of high commercial value (tejocote, pear, apple, blackberry, loquat, fig, walnut, and coffee, among others), which are suitable for the region's climate and have already been approved by the state's rural development program (Villalobos, 2019; Secretaria de Desarrollo Rural, 2021).

4.6. CONCLUSIONS

The floristic-livestock cultural importance value of the evaluated agroecosystems was determined. Families use a variety of plants and animals for multiple uses that allow them to cover their needs and determine their cultural identity. It is necessary to reflect on strategies for using and conserving resources and at the same time motivate young people to maintain the cultural knowledge that has been held since ancestral times. Local families could become actors in the development of sustainable production, bringing together knowledge and product management practices that motivate them to maintain and improve their means of production with species of high commercial value, contributing to the generation of jobs for the local population.

Acknowledgments

To the Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT); to the informants of each agroecosystem for providing the information collected; to the Doctorado en Ciencias en Agricultura Multifuncional para el Desarrollo Sostenible (Ph.D. in Science in Multifunctional Agriculture for Sustainable Development). To Nanci Itzel Romero Díaz and Armando Romero Díaz for their support in the fieldwork.

4.7. REFERENCES

Aguilar, J.A.N., Magaña, M.M.A., & Carminia, C.C.L. (2019). Factores socioeconómicos asociados a la diversidad pecuaria del traspatio en comunidades mayas de Yucatán y Campeche. *Revista de Ciencias*

- Ángel, S.Y., Pimentel, T.M., & Suárez, S.J. (2017). Importancia cultural de vegetación arbórea en sistemas ganaderos del municipio de San Vicente del Caguán, Colombia. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 20(2), 393-401. <https://doi.org/10.31910/rudca.v20.n2.2017.397>
- Arcos, S.M., Gutiérrez, C.J., Balderas, P.M., & Martínez-García, C. (2021). Estrategias sustentables para la conservación de huertos familiares y sus servicios ecosistémicos, en tres comunidades rurales de México. *Revista Científica Monfragüe Resiliente*, XIV(1), 182-198.
- Balcázar-Quiñones, A., White-Olascoaga, L., Chávez-Mejía, C., & Zepeda-Gómez, C. (2020). Los quelites: riqueza de especies y conocimiento tradicional en la comunidad Otomí de San Pedro Arriba, Temoaya, estado de México. *Polibotánica*, 48(1), 219-242.
- Barrantes, A. (2013). Guía Técnica SAF para la implementación de Sistemas Agroforestales (SAF) con árboles forestales maderables. Oficina Nacional Forestal, Costa Rica. 33 p.
- Burgos, H.B., Cruz, L.A., Uribe, G.M., Lara, B.A., & Maldonado, T.R. (2016). Valor cultural de especies arbóreas en sistemas agroforestales de la Sierra de Huautla, Morelos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, Pub. Esp.* (16), 3277-3286.
- Camacho, M.E., López, O.S., Suárez, I.A., & Valdez, H.J.I. (2021). Conocimiento local, importancia cultural y adoptabilidad de tres especies arbóreas multipropósito en sistemas agroforestales del centro de Veracruz, México. *Revista Etnobiología*, 19(2), 30-45.
- Castañeda, S.R., & Albán, C.J. (2016). Importancia cultural de la flora silvestre del distrito de Pamparomás, Ancash, Perú. *Ecología Aplicada*, 15(2), 1726-2216. <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v15i2.755>
- Chablé-Pascual, R., Palma-López, D.J., Vázquez-Navarrete, C.J., Ruiz-Rosado, O., Mariaca-Méndez, R., & Ascensio-Rivera, J.M. (2015). Estructura,

- diversidad y uso de las especies en huertos familiares de la Chontalpa, Tabasco, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 2(4), 23-39.
- Chamba-Morales, M., Lapo-Paredes, L., Ramiro, V.E. (2019). La agricultura familiar campesina en el cantón Catamayo, provincia de Loja. *Revista del Centro de Estudio y Desarrollo de la Amazonia*, 9(2), 66–74.
- CONAPO (2020). Comisión Nacional de Población. Índice de marginación por entidad federativa y municipio 2020. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/634902/Nota_tecnica_marginacion_2020.pdf
- CONEVAL (2020). Informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social. Xochiapulco, Puebla. http://www.dof.gob.mx/SEDESOL/Puebla_200.pdf
- Coulibaly, A., Hien, E., Motelica-Heino, M., & Bourgerie, S. (2018). Effect of agroecological practices on cultivated lixisol fertility in eastern Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 12(5), 1976-1992. <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v12i5.2>
- Cuevas, V.P. (2019). De la clase social a la estructura de unidades domésticas en el agro. El continuo campesino-proletario y una propuesta para su análisis. *Mundo Agrario*, 20(44), e118. <https://doi.org/10.24215/15155994e118>
- Dweba, T. P., & Mearns, M. A. (2011). Conserving indigenous knowledge as the key to the current and future use of traditional vegetables. *International Journal of Information Management*, 31(6), 564–571. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2011.02.009>
- Estrada, M.M., & Escobar, S.D. (2020). Desarrollo de huertos familiares por los adultos mayores guabeños de la provincia El Oro, Ecuador. *COODES Cooperativismo y Desarrollo*, 8(2), 349-361. <http://coodes.upr.edu.cu/index.php/coodes/article/view/301>
- Franco-Mora, O., Cruz-Castillo, J.G., Cortés-Sánchez, A.A., & Rodríguez-Landero, A. (2008). Localización y usos de vides silvestres (*Vitis spp.*) en el estado de Puebla, México. *Ra Ximhai*, 4(1): 151-165.

- Gálvez, A., & Peña, C. (2015). Revaloración de la dieta tradicional mexicana: Una visión interdisciplinaria. *Revista Digital Universitaria UNAM*, 16(5), 1–17. <http://www.revista.unam.mx/vol.16/num5/art33/>
- García, F.J., Gutiérrez, C.J., Balderas, P.M., & Juan, P.J. (2019). Análisis del conocimiento ecológico tradicional y factores socioculturales sobre huertos familiares en el Altiplano Central Mexicano. *Cuadernos Geográficos*, 58(3), 260-281. <http://dx.doi.org/10.30827/cuadgeo.v58i3.7867>
- Garro, L.C. (1986). Intracultural Variation in folk medical Knowledge: a comparison between curers and noncurers. *American Anthropologist*, 88(1), 351-369. <https://doi.org/10.1525/aa.1986.88.2.02a00040>
- Gómez, G. E., Sol, S. A., García, L. E., & Pérez, V. A. (2016). Valor de uso de la flora del Ejido Sinaloa 1a sección, Cárdenas, Tabasco, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 14(1), 2683-2694.
- Hart, R.D. (1985). Conceptos básicos sobre agroecosistemas. CATIE, Turrialba, Costa Rica, pp. 160.
- Hurtado, R.N.E., Rodríguez, J.C., & Aguilar, C.A. (2006). Estudio cualitativo y cuantitativo de la flora medicinal del municipio de Copándaro de Galeana, Michoacán México. *Polibotánica*, 22(1), 21-50.
- Jarquín, S.N., Castellanos, S.J., & Sangerman-Jarquín, D. (2017). Pluriactividad y agricultura familiar: retos del desarrollo rural en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(4), 949-963. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i4.19>
- Jiménez-Escobar, N.D. (2021). Clasificaciones y percepciones asociadas al conocimiento de la leña utilizada en una comunidad rural del Chaco Seco (Catamarca, Argentina). *Acta Botánica Mexicana*, 128(1), e1804. <https://doi.org/10.21829/abm128.2021.1804>
- Kumar, C.M. (2019). Essential oils as green pesticides of stored grain insects. *European Journal of Biological Research*, 9(4), 202-244. <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.3528366>
- Lara-Vázquez, F., Romero-Contreras, A. T., & Burrola-Aguilar, C. (2013). Conocimiento tradicional sobre los hongos silvestres en la comunidad

- otomí de San Pedro Arriba; Temoaya, Estado de México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 10(3), 305–333.
- Machado, V.M.M., Inés, N.C., María, M.S., & Turbay, S. (2015). Caracterización de nueve agroecosistemas de café de la cuenca del río Porce, Colombia, con un enfoque agroecológico. *IDESIA*, 33(1), 69-83.
- Márquez-Berber, S.R., Torcuato-Calderón, C., Almaguer-Vargas, G., Colinas-León, M.T., Khalil, G.A. (2012). El sistema productivo del nopal tunero (*Opuntia albicarpa* y *O. megacantha*) en Axapusco, Estado de México; problemática y alternativas. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 18(1), 81-93.
- Martínez-Yoshino, N., Suárez-Alonso, M. L., & Vidal-Abarca-Gutiérrez, M.R. (2021). Delimitando los rasgos biológicos de la vegetación de los ríos secos: el caso de las ramblas de la cuenca del Segura (SE de España). *Anales de Biología*, 43(1), 11-25. <http://dx.doi.org/10.6018/analesbio.43.02>
- Monroy-Martínez, R., Ponce-Díaz, A., Colín-Bahena, H., Monroy-Ortiz, C., & García-Flores, A. (2016). Los huertos familiares tradicionales soporte de seguridad alimentaria en comunidades campesinas del estado de Morelos, México. *Ambiente y Sostenibilidad*, 6(1), 33-43.
- Nabati, J., Nezami, A., Neamatollahi, E., & kbari, M. (2022). An integrated approach land suitability for agroecological zoning based on fuzzy inference system and GIS. *Environment, Development and Sustainability*, <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02127-7>
- Novelo, P.D., Magaña, M.M., & Sierra, V.A. (2016). Manejo y aprovechamiento de especies pecuarias criadas en el traspatio en comunidades rurales de Yucatán, México. *Actas Iberoamericanas en Conservación Animal*, 8(1), 24-32.
- Rahman, A., Alam, S., Oliur, M., & Chul, S. (2018). Insecticidal activity of essential oil from seeds of *Poncirus trifoliata* (L.) Raf. *Bangladesh Journal of Botany*, 47(3), 413–419. <https://doi.org/10.3329/bjb.v47i3.38678>
- Rascón, J., Contreras, L.D.P. J., López, R.Y.R., Mondragón, E.P., & Corroto, F. (2021). Inventario florístico de los parches de bosque montano adyacente

- al lago Pomacochas, provincia de Bongará, Departamento Amazonas. *TAYACAJA*, 4(2), 90-102.
<http://dx.doi.org/10.46908/tayacaja.v4i2.176>
- Rivas, S.N., Mairena, V.D.Á., & Flores-Pacheco, J.A. (2020). Composición florística de las plantas medicinales de la comunidad indígena de Tiktik Kaanu. *Revista Ciencia e Interculturalidad*, 26(1), 147-161. :
<https://doi.org/10.5377/rci.v26i01.9891>
- Salazar, L., Magaña, M., & Latournerie, L. (2015). «Importancia económica y social de la agrobiodiversidad del traspato en una comunidad rural de Yucatán, México». *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 12(1), 1-14
- SAS, Statistical Analysis System (2009). JMP version 8.0.2. SAS Institute. Cary, NC, USA. [En línea]. Disponible en: https://www.jmp.com/es_mx/download-jmp-free-trial.html. Fecha de consulta: 20 de febrero de 2022.
- Secretaria de Desarrollo Rural (2021). Gobierno del estado de Puebla. “Programa de recuperación del campo poblano”, componente II. Reconversión productiva para cultivos de alto valor comercial.
<http://sdr.puebla.gob.mx/convocatorias?start=6>
- Spedding, C. (1995). Sustainability in animal production systems. *Animal Science*, 61(1), 1-8.
http://journals.cambridge.org/abstract_S135772980001345X
- Sutherland, L. (2020). Virtualizing the ‘good life’: reworking narratives of agrarianism and the rural idyll in a computer game. *Agriculture and Human Values*, 37(1), 1155–1173. <https://doi.org/10.1007/s10460-020-10121-w>
- Tardío, J., & Pardo-de-Santayana, M. (2008). Cultural importance indices: A comparative analysis based on the useful wild plants of southern Cantabria (northern Spain). *Economic Botany*, 62(1), 24–39.
<https://doi.org/10.1007/s12231-007-9004-5>
- Tejeda, H.E., Utia, M., Luis-Olivas, D., Mendoza-Nieto, E., Palomares, E., Gomes da Silva, E., Graças, A., & Fardim, B. (2021). Evaluación de sustentabilidad

- de agroecosistemas cafetaleros en Vitoc, Junín, Perú. *Agroindustrial Science*, 11(1), 33–39. <http://dx.doi.org/10.17268/agroind.sci.2021.01.04>
- Toledo, V. M., Batis, A. I., Becerra, R., Martínez, E., & Ramos, C. H. (1995). La selva útil: etnobotánica cuantitativa de los grupos indígenas del trópico húmedo de México. *Interciencia*, 20(4):177-187.
- Uribe-Gómez, M., Cruz-León, A., Juárez-Ramón, D., Lara-Bueno, A., Romo-Lozano, J.R., Valdivia-Alcalá, R., & Portillo-Vázquez, M. (2015). Importancia del diagnóstico rural para el desarrollo de un modelo agroforestal en las comunidades campesinas de la Sierra de Huautla. *Ra Ximhai Revista de Paz, Interculturalidad y Democracia*, 11(5), 197-208.
- Vásquez, T.R.W., Cervantes, S. Á., Durand, C.L., & Muñoz, B.M. (2021). Caracterización de los sistemas de producción bajo un enfoque de sistemas agroforestales de la cuenca media margen derecha del río Huallaga – Aucayacu. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 4(3), 4581-4595. <https://doi.org/10.34188/bjaerv4n3-139>
- Villalobos, H.V.M. (2019). Proyecto: Planeación del desarrollo de huertos familiares en Tlazala. Estrategia de Impacto y desarrollo de la comunidad. Universidad abierta y a distancia de México, División de Investigación y Posgrado. Tesis de Maestría en Seguridad Alimentaria.
- White-Olascoaga, L., Chávez-Mejía, C., & García-Mondragón, D. (2017). Análisis del estrato arbóreo de agroecosistemas en una zona de transición ecológica. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 4(11), 255-264. <https://doi.org/10.19136/era.a4n11.882>
- Wilson, R. (2021). An Overview of Traditional Small-Scale Poultry Production in Low-Income, Food-Deficit Countries. *Annals of Agricultural & Crop Sciences*, 6(3), id1077.
- XLSTAT, Software de Análisis Estadístico (2018). Statistical and Data Analysis Solution, by Addinsoft, version 2018.7.5. [En línea]. Disponible en: <https://www.xlstat.com>. Fecha de consulta: 20 de febrero de 2022

Annex 1. Index of cultural importance of the recorded floristic species and their type of use.

Species	ID	Sh	Ls	Lf	Fr	Fi	Me	Co	Fl	Gr	Or	Ve	Ut	My	Fo	UL	CI
<i>Allium sativum</i>	AllSat	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	2	0.2
<i>Aloe vera</i>	AloVer	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	2	0	8	0.8
<i>Amaranthus cruentus</i>	AmaCru	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	1	5	0.5
<i>Anacetum parthenium</i>	AnaPar	0	0	0	0	0	3	0	3	0	3	0	0	3	0	12	1.2
<i>Annona cherimola</i>	AnnChe	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0.4
<i>Artemisia absinthium</i>	ArtAbs	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.2
<i>Artemisia ludoviciana</i>	ArtLud	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	2	0	5	0.5
<i>Baccharis conferta</i>	BacCon	0	0	0	0	0	3	0	0	0	2	0	3	0	0	8	0.8
<i>Begonia fusca</i>	BegFus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2	0.2
<i>Bougainvillea × buttiana</i>	BouBut	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	3	0.3
<i>Brugmansia × candida</i>	BruCan	1	0	2	0	0	0	0	0	0	5	0	0	1	5	14	1.4
<i>Camellia sp.</i>	CamSp.	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2	0.2
<i>Canna indica</i>	CanInd	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	3	0.3
<i>Capsicum annuum</i>	CapAnn	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.1
<i>Capsicum pubescens</i>	CapPub	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	9	0.9
<i>Carica papaya</i>	CarPap	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.1
<i>Casimiroa edulis</i>	CasEdu	2	2	1	2	2	2	0	0	0	1	0	0	0	0	12	1.2
<i>Cassia corymbosa</i>	CasCor	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	3	0.3
<i>Cenchrus purpureus</i>	CenPur	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0.2
<i>Chamaedorea oblongata</i>	ChaObl	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	5	0.5
<i>Chamaemelum nobile</i>	ChaNob	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	4	0.4
<i>Chenopodium album</i>	CheAlb	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0.2
<i>Chenopodium ambrosioides</i>	CheAmb	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0	4	0.4
<i>Citrus × aurantiifolia</i>	CitAur	0	0	0	2	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	5	0.5
<i>Citrus × aurantium</i>	CitAur	5	4	1	6	0	1	6	0	0	1	0	0	0	0	24	2.4
<i>Citrus × limon</i>	CitLim	1	4	0	6	0	1	5	0	0	1	0	0	0	0	18	1.8
<i>Citrus sp.</i>	CitSp.	0	2	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	6	0.6
<i>Coffea arabica</i>	CofAra	2	0	2	3	1	0	3	0	1	3	0	0	0	0	15	1.5
<i>Coriandrum sativum</i>	CorSat	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	4	0.4

<i>Cucurbita argyrosperma</i>	CucArg	0	0	0	4	0	1	0	4	4	0	4	0	0	0	17	1.7
<i>Cucurbita ficifolia</i>	CucFic	0	0	0	6	0	0	0	6	7	0	7	0	0	1	27	2.7
<i>Cuphea ferrisiae</i>	CupFer	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.1
<i>Cupressus macrocarpa</i>	CupMac	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	5	0.5
<i>Cuscuta sp.</i>	CusSp.	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.1
<i>Cymbopogon citratus</i>	CymCit	0	0	0	0	0	0	5	0	0	2	0	0	0	0	7	0.7
<i>Dianthus caryophyllus</i>	DiaCar	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2	0.2
<i>Dysphania ambrosioides</i>	DysAmb	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0.2
<i>Eriobotrya japonica</i>	EriJap	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.2
<i>Erythrina americana</i>	EryAme	0	0	5	0	0	0	0	2	0	3	4	0	0	0	14	1.4
<i>Euphorbia milii</i>	EupMil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	2	0.2
<i>Euphorbia pulcherrima</i>	EupPul	0	0	1	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	5	0.5
<i>Ficus carica</i>	FicCar	1	2	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0.7
<i>Foeniculum vulgare</i>	FoeVul	0	0	0	0	0	3	3	0	0	1	0	0	3	0	10	1
<i>Fragaria sp.</i>	FraSp.	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.1
<i>Gardenia jasminoides</i>	GarJas	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2	0.2
<i>Gladiolus dalenii</i> × <i>oppositiflorus</i>	GlaOpp	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	4	0.4
<i>Helianthus sp.</i>	HelSp.	0	0	1	0	0	0	0	2	0	2	0	0	2	0	7	0.7
<i>Heterotheca inuloides</i>	HetInu	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	3	0.3
<i>Hibiscus sp.</i>	HibSp.	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	3	0.3
<i>Hydrangea macrophylla</i>	HydMac	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2	0.2
<i>Juglans regia</i>	JugReg	1	2	0	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0.8
<i>Juglans sp.</i>	JugSp.	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4	0.4
<i>Justicia spicigera</i>	JusSpi	0	0	1	0	0	2	0	0	0	2	0	0	1	0	6	0.6
<i>Laurus nobilis</i>	LauNob	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0.2
<i>Leucanthemum vulgare</i>	LeuVul	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3	0	0	1	0	7	0.7
<i>Ligustrum lucidum</i>	LigLuc	0	1	3	0	3	0	0	3	0	3	0	0	0	0	13	1.3
<i>Loeselia mexicana</i>	LoeMex	0	0	0	0	0	4	0	0	0	3	0	0	1	0	8	0.8
<i>Malus domestica</i>	MalDom	0	2	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0.7
<i>Malva sylvestris</i>	MalSyl	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	3	0.3

<i>Mangifera indica</i>	ManInd	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4	0.4
<i>Melissa officinalis</i>	MelOff	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	4	0.4
<i>Mentha spicata</i>	MenSpi	0	0	0	0	0	3	4	0	0	0	0	0	0	0	7	0.7
<i>Musa × paradisiaca</i>	MusPar	2	0	1	3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	9	0.9
<i>Ocimum basilicum</i>	OciBas	0	0	0	0	0	3	1	2	0	3	0	0	3	0	12	1.2
<i>Oenothera rosea</i>	OenRos	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.1
<i>Opuntia ficus-indica</i>	OpuFic	0	0	1	5	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	12	1.2
<i>Origanum vulgare</i>	OriVul	0	0	0	0	0	1	5	0	0	0	0	0	0	0	6	0.6
<i>Passiflora edulis</i>	PasEdu	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.2
<i>Passiflora ligularis</i>	PasLig	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0.4
<i>Persea americana</i>	PerAme	6	9	2	9	8	1	10	0	0	0	0	0	0	0	45	4.5
<i>Phaseolus vulgaris</i>	PhaVul	0	0	0	0	0	0	0	7	9	0	7	0	0	7	30	3.0
<i>Phyllostachys aurea</i>	PhyAur	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	4	0.4
<i>Pimenta dioica</i>	PimDio	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	4	0.4
<i>Piper auritum</i>	PipAur	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	4	0.4
<i>Pisum sativum</i>	PisSat	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	4	0.4
<i>Prunus persica</i>	PruPer	0	10	0	10	10	7	0	0	0	0	0	0	0	0	37	3.7
<i>Prunus serotina</i>	PruSer	0	3	0	3	2	2	0	0	0	0	0	1	0	0	11	1.1
<i>Psidium guajava</i>	PsiGua	2	2	0	3	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	12	1.2
<i>Pyrus communis</i>	PyrCom	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0.3
<i>Rhododendron Simsii</i>	RhoSim	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2	0.2
<i>Rosa canina</i>	RosCan	0	0	1	0	0	3	0	3	0	3	0	0	2	0	12	1.2
<i>Rumex crispus</i>	RumCri	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	4	8	0.8
<i>Ruta graveolens</i>	RutGra	0	0	0	0	0	6	6	1	0	4	0	0	6	0	23	2.3
<i>Salvia microphylla</i>	SalMic	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.1
<i>Salvia rosmarinus</i>	SalRos	0	0	0	0	0	3	0	2	0	3	0	0	3	0	11	1.1
<i>Sambucus sp.</i>	SamSp.	1	3	1	0	0	1	0	0	0	2	0	0	3	0	11	1.1
<i>Scutellaria sp.</i>	ScuSp.	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.1
<i>Sicyos edulis</i>	SicEdu	0	0	0	7	0	7	0	0	0	0	7	0	0	2	23	2.3
<i>Sobralia sp.</i>	SobSp.	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2	0.2
<i>Solanum lycopersicum</i>	SolLyc	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.1
<i>Tagetes tenuifolia</i>	TagTen	0	0	0	0	0	3	0	6	0	6	0	0	3	0	18	1.8
<i>Thymus vulgaris</i>	ThyVul	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0.2
<i>Tradescantia zebrina</i>	TraZeb	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	1	1	5	0.5
<i>Xanthosoma sp.</i>	XanSp.	2	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	2	0	8	0.8

<i>Yucca aloifolia</i>	YucAlo	0	0	2	0	0	2	0	1	0	1	1	0	0	0	7	0.7
<i>Zantedeschia aethiopica</i>	ZanAet	0	0	0	0	0	0	0	6	0	6	0	0	0	0	12	1.2
<i>Zea mays</i>	ZeaMay	0	10	0	8	0	0	0	1	10	0	10	0	0	4	43	4.3

Sh = Shadow, Ls = Living support, Lf = Live fence, Fr = Fruits, Fi = Firewood, Me = Medicinal, Co = Condiment, Fl = Flowers, Gr = Grains, Or = Ornamental, Ve = Vegetables, Ut = Utensil, My = Mystical, Fo = Forage, UL = usage log, CI = cultural importance.

5. ENTOMOFAUNA ASOCIADA CON SISTEMAS AGROFORESTALES INMERSOS EN BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA EN ATZALAN, XOCHIAPULCO, PUEBLA, MÉXICO

5.1. RESUMEN

Los sistemas agroforestales (SAF) coadyuvan con la conservación entomológica, desarrollan interacciones que mantienen la estabilidad del agroecosistema. Para determinar la diversidad de familias de insectos y su gremio trófico asociado a SAF inmersos en bosque Mesófilo de Montaña, se eligieron tres condiciones: Agrosilvícola, Agrosilvopastoril y Condición general, en Atzalan, Xochiapulco, Puebla. Se realizó colecta de insectos de noviembre de 2021 a octubre de 2022. Se determinaron las Frecuencias de observación (FO), el Índice de Abundancia Relativa (IAR), la Riqueza (Jackknife1), la Diversidad (Shannon-Wiener), el índice de Equidad y la uniformidad (Jaccard), se desarrollaron pruebas de Kruskal-Wallis, χ^2 y Análisis de conglomerados (clúster). Los resultados señalan que la frecuencia de observación presentó valores altos para Drosophilidae (34.15 %), Tachinidae (9.45 %) y Sciaridae (4.95 %). El IAR mostró valores superiores para Drosophilidae (0.68), Tachinidae (0.18) y Sciaridae (0.09). La prueba Jackknife1 presentó un valor promedio de 70.10, 91.70 y 94.77. Shannon-Wiener exhibió una diversidad promedio de $H' = 3.78$, $H' = 4.12$ y $H' = 4.18$. Jaccard presentó valores porcentuales de 45, 53 y 55 %, respectivamente. Kruskal-Wallis mostró diferencias para la abundancia, riqueza y diversidad registrada. La prueba de χ^2 señaló que la abundancia y riqueza registrada para la condición agrosilvícola no fue la esperada por el modelo. El análisis de conglomerados evidenció la conformación de dos, dos y tres clústeres, para la abundancia, y cinco, dos y tres, respectivamente para la riqueza registrada. Los SAF evaluados albergan alta diversidad de familias de insectos que aplican uso diferencial del recurso trófico disponible y permiten el equilibrio ecológico de los agroecosistemas analizados. Se recomienda ampliar la complejidad estructural vegetal de los SAF para coadyuvar con la conservación del recurso entomológico.

Palabras clave: agrosilvícola, agrosilvopastoril, bioindicadores, control biológico, diversidad, monofagia.

5.2. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial el grupo entomológico representa un taxón de mayor éxito evolutivo, amplia diversidad, abundancia y distribución; a pesar de no tener una cifra real, se estima un valor promedio de 5.5 millones de especies, puntualizando que aún queda por describirse cerca del 80 % del total (Stork, 2018). Esta diversidad coloca a tales organismos como recurso omnipresente que hace uso de los diferentes nichos ecológicos del planeta (Scudder, 2009; Sánchez-Bayo y Wyckhuys, 2021).

A pesar de esta amplia diversidad, actualmente factores antropogénicos, tales como la sobreexplotación de los recursos, ampliación de la frontera agrícola, uso irracional de insumos químicos y diversos efectos secundarios, han puesto a este y diferentes grupos taxonómicos al borde de la extinción y muchos otros han mermado sus poblaciones (Raven y Wagner, 2020; Wagner *et al.*, 2020). A la fecha se estima la extinción de un valor que oscila entre los 250 000 y 500 000 especies de insectos, representado entre el 5-10 % de la diversidad entomológica del planeta (Cardoso *et al.*, 2020). A pesar de esto, el conocimiento sobre la diversidad actual y los problemas que enfrenta la entomofauna en cuanto a estatus de conservación, es escaso (Castillo *et al.*, 2018).

En México se han registrado 48 000 especies de insectos, representando el 66 % de la fauna conocida para el país (SEMARNAT, 2012). No obstante, debido factores humanos, tales como: incremento de la producción agropecuaria, desarrollo de empresas mineras, explotación de combustibles fósiles y la urbanización, son elementos que han mostrado una tendencia exponencial en la reducción de la diversidad biológica (Raven y Wagner, 2020). Sin embargo, el esfuerzo por documentar la pérdida de esta diversidad ha centrado su interés en el estudio y conservación de vertebrados y organismos grades y carismáticos; con pocos trabajos reportados en grupos de menor tamaño, tales como los insectos (Falcón-Brindis *et al.*, 2021). A manera de ejemplo, resalta el trabajo desarrollado por Morón y Terrón (1984) quienes evaluaron la diversidad de insectos necrófilos en bosque tropical y bosque mesófilo con diferentes grados de perturbación, en dicho trabajo muestran como a pesar del impacto en estos ecosistemas aún se mantienen altos índices de diversidad y abundancia de este grupo entomológico.

Una alternativa que contribuye a mitigar los problemas ocasionados por el deterioro ambiental y permite garantizar la seguridad alimentaria, mediante un sistema sostenible, son los sistemas agroforestales (Villanueva-López *et al.*, 2019). Estos se integran mediante una combinación deliberada de especies herbáceas, arbustivas y arbóreas, en asociación con animales, permitiendo un mejor desarrollo productivo. A la vez genera una amplia estructura vertical-horizontal multiestrato que desarrolla condiciones óptimas de luz, temperatura y humedad, otorgando hábitats diferenciales que permiten el arribo de una amplia variedad de organismos, coadyuvando a la conservación de especies (Bentrup *et al.*, 2019; Aguilar-Astudillo *et al.*, 2021). Esto último al favorecer la conexión entre remanentes de vegetación (parches) y permitir el desplazamiento y dispersión de la flora y fauna (Villanueva-López *et al.*, 2019). En este contexto los insectos al ser organismos evolutiva y ecológicamente versátiles hacen uso diferencial en una amplia gama de nichos, coadyuvando con la estabilidad ecológica de los agroecosistemas (Jankielsohn, 2018; Rivera y Carbonell, 2020). Asimismo, la entomofauna (particularmente himenoptera y hemiptera) desempeña un rol importante en la polinización de los componentes productivos, a la vez pueden ofrecer una amplia gama de productos (p.ej. miel, cera, jalea real, propóleos, seda, tintes, entre otros), que contribuyen a la economía productiva y forman parte de la identidad cultural de las comunidades. La presencia de parásitos y depredadores coadyuvan al control biológico de plagas y reducen el uso de productos químicos, organismos descomponedores favorecen al reciclaje de nutrientes y fertilidad del suelo, la presencia de hormigas y escarabajos mejoran la calidad y estructura del componente edáfico, son fuente de alimento para diversos grupos taxonómicos (particularmente aves, murciélagos y diferentes mamíferos) y bioindicadores de la salud y sostenibilidad de los sistemas agroforestales (Ramos *et al.*, 2020). No obstante, a pesar de la importancia que representan estos organismos, aun son escasos los estudios que contemplen la diversidad entomofaunística al interior de estos sistemas (Kaur *et al.*, 2023).

La localidad de Atzalan pertenece al municipio de Xochiapulco, ubicado en la Sierra Norte de Puebla. La producción agrícola es con fines de subsistencia y en la mayoría de los casos mediante un arreglo multiestrato con estructura de sistema agroforestal, inmersos en Bosque Mesófilo de Montaña. Dada la estructura y composición florística que presentan estos agroecosistemas se pudiera albergar un considerable número de insectos que podrían desempeñar un papel importante en el mantenimiento y estabilidad ecológica de estos medios bioproductivos. No obstante, a la fecha no se tienen estudios que consideren la diversidad de familias de insectos y su rol ecológico que desempeñan a partir del gremio trófico al que pertenecen, por ello el objetivo del presente estudio fue: determinar la diversidad de familias de insectos y su gremio trófico al

interior de sistemas agroforestales inmersos en Bosque Mesófilo de Montaña en la región de Atzalan, Xochiapulco, Puebla, México.

5.3. MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se localiza en las coordenadas geográficas 19° 53' 49'' N y 97° 37' 17'' W a 1565 msnm. La vegetación natural está definida por Bosque Mesófilo de Montaña (BMM), con mayor dominancia arbórea de pino-encino, una precipitación media anual de 599 mm, temperatura promedio de 22 °C y humedad de 62 %, el suelo predominante es de tipo Andosol y Luvisol. Se establecieron diez Unidades de Estudio (UE), cada punto correspondió a un sistema agroforestal (tres Agrosilvícola y siete Agrosilvopastoril) inmerso en Bosque Mesófilo de Montaña; la elección de dichos puntos fue mediante un muestreo sistemático, garantizando la independencia de los datos, evitando que los insectos registrados en cierto punto se registraran nuevamente en otra UE (León-Burgos *et al.*, 2019). Los componentes agrícolas que integraron a los SAF evaluados (Agrosilvícola y Agrosilvopastoril) fueron: milpa (maíz, frijol, calabaza, chile), árboles frutales (aguacate, durazno, ciruela, café, manzana, naranja, limón, plátano, guayaba, capulín, chirimoya, mandarina, granada, entre otros), plantas medicinales, aromáticas, ornamentales y forrajeras (pastos y leguminosas). Por su parte el componente pecuario del sistema Agrosilvopastoril (en libre pastoreo y estabulado) estuvo determinado por aves de corral (gallinas, guajolotes, patos), conejos, borregos, ganado vacuno, porcino y equino; ambos sistemas presentaron vegetación circundante característica de BMM (Figura 16). El seguimiento de variables se desarrolló de manera mensual, durante noviembre de 2021 a octubre de 2022. La colecta de insectos fue con una red de golpeo sobre vegetales herbáceos, arbustivos y arbóreos, para este último estrato solo se consideró a los insectos registrados a una altura menor a 2 m; paralelamente se desarrolló colecta de insectos a través de trampas malaise (Figura 1; Sánchez-Flores *et al.*, 2019; Soca-Flores *et al.*, 2022). Dichas metodologías se aplicaron y condujeron en los primeros ocho días de cada mes. Los insectos fueron determinados a nivel de familia, a través de claves taxonómicas propuestas por Borror *et al.* (2005). El gremio trófico de los insectos fue determinado a través de la guía de insectos propuesta por Zumbado y Azofeifa (2018). Se determinó índice de frecuencia de observación (FO); abundancia relativa (IAR); riqueza (mediante Jackknife1); diversidad (mediante Shannon-Wiener) y análisis de disimilitud (mediante el índice de Jaccard). Para detectar posibles diferencias en la abundancia, riqueza y diversidad de las familias de insectos registrados a lo largo de los diferentes muestreos, se emplearon análisis de Kruskal-Wallis; por su parte, para conocer si la proporción de individuos registrados fue adecuada, se aplicó un análisis de χ^2 ; ambos análisis fueron desarrollados en SAS, JMP IN v.8.0.2. Para todos los casos de análisis se empleó un $\alpha=0.05$. Finalmente, para visualizar la similitud entre la abundancia y riqueza de familias registradas se desarrollaron análisis de conglomerados (clúster), dichos análisis se llevaron a cabo en el software estadístico XLSTAT versión 2018.7.5. (XLSTAT, 2018).



Figura 16. SAF evaluados y métodos de seguimiento para la colecta de insectos: A) Componente agrícola, B) Componente pecuario, C) Captura de insectos mediante red de golpeo, D) Colecta con trampas malaise.

5.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En total se colectaron 15 363 insectos distribuidos en 11 órdenes y 92 familias. Del total de organismos 4368 pertenecieron al sistema Agrosilvícola y 10 995 al Agrosilvopastoril. Dos familias fueron exclusivas del Agrosilvícola y 24 del Agrosilvopastoril (Cuadro 22).

Dicha tendencia concuerda con lo reportado por Armijos-Vásquez et al. (2020) y Huang et al. (2021) quienes señalan que los especímenes más representativos en sistemas agroforestales (SAF) y en áreas forestales naturales corresponden a los órdenes díptera e hymenoptera; dichos autores atribuyen estos valores a factores como: la edad fisiológica de la vegetación, etapa productiva del cultivo y características agroclimáticas, lo cual dispone de alimento y define el periodo reproductivo de los insectos. En este contexto Ambele et al. (2023) mencionan como las plantaciones agroforestales presentan una cubierta-estructura arbórea mixta, similar a los bosques naturales, proporciona hábitats diferenciales para una amplia diversidad de insectos que coadyuvan en procesos clave de los agroecosistemas (polinización, fertilización del suelo, descomposición de la materia orgánica, ciclo de nutrientes y control biológico de plagas).

Cuadro 22. Clasificación taxonómica y frecuencia de insectos por cada familia registrada.

Taxonomía				Frecuencia registrada		
Orden	Suborden	Superfamilia	Familia	Agrosilvícola	Agrosilvopastoril	General
Blattodea	NA	Blaberoidea	Ectobiidae	1	5	6
Coleoptera	Polyphaga	Curculionoidea	Attelabidae	2	3	5
			Curculionidae	13	83	96
		Buprestoidea	Buprestidae **	0	1	1
		Elateroidea	Cantharidae **	0	4	4
		Caraboidea	Carabidae	10	12	22
		Cerambycoidea	Cerambycidae **	0	21	21
		Chrysomeloidea	Chrysomelidae	80	243	323
		Coccinelloidea	Coccinellidae	10	19	29

		Elateroidea	Elateridae	17	109	126
		Tenebrionoidea	Oedemeridae	2	2	4
			Meloidae	1	17	18
			Tenebrionidae	10	20	30
		Cucujoidea	Erotylidae	1	10	11
		Elateroidea	Lampyridae	7	14	21
		Elateroidea	Lycidae	6	11	17
		Cucujoidea	Nitidulidae **	0	2	2
		Scarabaeoidea	Scarabaeidae	7	83	90
		Cucujoidea	Silvanidae **	0	2	2
		Staphylinoidea	Staphylinidae	4	27	31
Dermaptera	Neodermaptera	Forficuloidea	Forficulidae	25	26	51
Diptera	Nematocera	Tipuloidea	Tipulidae	112	129	241
		Sciaroidea	Sciaridae	260	502	762
			Bibionidae **	0	1	1
	Brachycera	Muscoidea	Anthomyiidae **	0	1	1
		Asiloidea	Asilidae **	0	4	4
		Oestroidea	Calliphoridae	110	326	436
		Empidoidea	Dolichopodidae	3	4	7
		Ephydroidea	Drosophilidae	1616	3631	5247
		Empidoidea	Empididae **	0	3	3
		Lauxanioidea	Lauxaniidae *	1	0	1
		Muscoidea	Muscidae	1	18	19
		Tephritoidea	Ulidiidae	4	2	6
		Oestroidea	Sarcophagidae	8	1	9
			Stratiomyidae	1	1	2
			Syrphidae	33	76	109
		Oestroidea	Tachinidae	615	837	1452
		Tephritoidea	Tephritidae	3	6	9
		Asiloidea	Therevidae	1	7	8
Hemiptera	Auchenorrhyncha	Membracoidea	Membracidae	9	267	276
			Cicadellidae	40	119	159
		Cercopoidea	Cercopidae **	0	2	2
	Heteroptera	Coreoidea	Coreidae	47	418	465
		Pentatomoidea	Cydnidae	1	1	2
			Scutelleridae	4	2	6
		Lygaeoidea	Lygaeidae	3	10	13
		Coreoidea	Alydidae **	0	5	5
		Miroidea	Miridae	81	290	371
		Notonectoidea	Notonectidae **	0	1	1
		Pentatomoidea	Pentatomidae	17	84	101
		Pyrrhocoroidea	Pyrrhocoridae **	0	3	3
		Reduvioidea	Reduviidae	2	17	19

Hymenoptera	Apocrita	Apoidea	Andrenidae **	0	2	2
			Apidae	172	537	709
			Sphecidae	9	32	41
		Ichneumonoidea	Braconidae **	0	1	1
		Formicoidea	Formicidae	3	2	5
		Ichneumonoidea	Ichneumonidae	127	349	476
		Proctotrupeidea	Pelecinidae **	0	4	4
		Pompiloidea	Pompilidae	1	1	2
		Scolioidea	Scoliidae	12	51	63
		Vespoidea	Vespidae	160	421	581
Lepidoptera	NA	Bombycoidea	Apatelodidae **	0	1	1
		Pyraloidea	Crambidae **	0	7	7
		Noctuoidea	Erebidae	1	15	16
		Gelechioidea	Gelechiidae	1	8	9
		Geometroidea	Geometridae	46	154	200
		Papilionoidea	Hesperiidae	12	37	49
		Lasiocampoidea	Lasiocampidae	2	2	4
		Zygaenoidea	Limacodidae *	2	0	2
		Papilionoidea	Lycaenidae	7	6	13
		Noctuoidea	Noctuidae	68	139	207
		Noctuoidea	Nolidae	1	3	4
		Noctuoidea	Notodontidae **	0	5	5
		Papilionoidea	Nymphalidae	17	53	70
		Papilionoidea	Papilionidae **	0	5	5
		Papilionoidea	Pieridae	56	187	243
		Pyraloidea	Pyralidae	142	411	553
		Bombycoidea	Saturniidae	2	6	8
			Sphingidae	1	2	3
		Tortricoidea	Tortricidae	56	325	381
Neuroptera	Hemerobiiformia		Chrysopidae **	0	1	1
			Hemerobiidae	10	48	58
Odonata	Anisoptera	Aeshnoidea	Aeshnidae	3	4	7
		Libelluloidea	Macromiidae **	0	6	6
Orthoptera	Caelifera	Acridoidea	Acrididae	196	556	752
		Pyrgomorphoidea	Pyrgomorphidae	59	72	131
		Acridoidea	Romaleidae	12	27	39
	Ensifera	Grylloidea	Gryllidae	20	23	43
		Stenopelmatoidea	Stenopelmatidae **	0	1	1
		Tettigonioidae	Tettigoniidae	2	8	10
Thysanoptera	Terebrantia		Adiheterothripidae **	0	1	1

*Familias exclusivas del sistema Agrosilvícola; **Familias exclusivas del sistema Agrosilvopastoril.

El análisis de frecuencia de observación (FO) presentó valores altos para las familias: Drosophilidae (34.15 %), Tachinidae (9.45 %), Sciaridae (4.95 %), Acrididae (4.89 %) y Apidae (4.61 %) (Cuadro 2). Por su parte el IAR presentó valores superiores para las familias: Drosophilidae (0.68), Tachinidae (0.18) y Sciaridae (0.09) (Cuadro 23). Por lo anterior se evidencia que las familias de insectos antes citadas representan la mayor dominancia de individuos presentes en los sistemas agroforestales analizados. Se remarca la importancia de las interacciones ecológicas que se desarrollan al interior de los SAF evaluados. La estructura poblacional de la familia Drosophilidae quien es una de las principales plagas conocidas como mosca de la fruta está determinada por el control biológico mediante parasitismo por insectos de la familia Tachinidae (grupo entomológico mayormente reconocido por su papel en el control biológico de plagas), quien también controla la dinámica poblacional de la familia Sciaridae, reconocida por presentar especies que pudieran tornarse plaga en los sistemas agrícolas. Por otra parte, los individuos de la familia Sciaridae representan un papel importante en el reciclaje de nutrientes ya que al ser organismos saprofitos contribuyen al degradar y reincorporar los nutrientes al suelo.

Cuadro 23. Índice de frecuencia de observación y abundancia relativa de las familias registradas en cada condición evaluada.

Familias	Índice de frecuencia de observación (FO)			Índice de abundancia relativa (IAR)		
	Agrosilvícola	Agrosilvopastoril	General	Agrosilvícola	Agrosilvopastoril	General
Acrididae	4.487	5.057	4.895	0.090	0.101	0.098
Adiheterothripidae	0.000	0.009	0.007	0.000	0.000	0.000
Aeshnidae	0.069	0.036	0.046	0.001	0.001	0.001
Alydidae	0.000	0.045	0.033	0.000	0.001	0.001
Andrenidae	0.000	0.018	0.013	0.000	0.000	0.000
Anthomyiidae	0.000	0.009	0.007	0.000	0.000	0.000
Apatelodidae	0.000	0.009	0.007	0.000	0.000	0.000
Apidae	3.938	4.884	4.615	0.079	0.098	0.092
Asilidae	0.000	0.036	0.026	0.000	0.001	0.001
Attelabidae	0.046	0.027	0.033	0.001	0.001	0.001
Bibionidae	0.000	0.009	0.007	0.000	0.000	0.000
Braconidae	0.000	0.009	0.007	0.000	0.000	0.000
Buprestidae	0.000	0.009	0.007	0.000	0.000	0.000
Calliphoridae	2.518	2.965	2.838	0.050	0.059	0.057
Cantharidae	0.000	0.036	0.026	0.000	0.001	0.001
Carabidae	0.229	0.109	0.143	0.005	0.002	0.003
Cerambycidae	0.000	0.191	0.137	0.000	0.004	0.003
Cercopidae	0.000	0.018	0.013	0.000	0.000	0.000
Chrysomelidae	1.832	2.210	2.102	0.037	0.044	0.042
Chrysopidae	0.000	0.009	0.007	0.000	0.000	0.000
Cicadellidae	0.916	1.082	1.035	0.018	0.022	0.021
Coccinellidae	0.229	0.173	0.189	0.005	0.003	0.004
Coreidae	1.076	3.802	3.027	0.022	0.076	0.061
Crambidae	0.000	0.064	0.046	0.000	0.001	0.001
Curculionidae	0.298	0.755	0.625	0.006	0.015	0.012
Cydnidae	0.023	0.009	0.013	0.000	0.000	0.000
Dolichopodidae	0.069	0.036	0.046	0.001	0.001	0.001
Drosophilidae	36.996	33.024	34.153	0.740	0.660	0.683
Ectobiidae	0.023	0.045	0.039	0.000	0.001	0.001
Elateridae	0.389	0.991	0.820	0.008	0.020	0.016
Empididae	0.000	0.027	0.020	0.000	0.001	0.000

Erebidae	0.023	0.136	0.104	0.000	0.003	0.002
Erotylidae	0.023	0.091	0.072	0.000	0.002	0.001
Forficulidae	0.572	0.236	0.332	0.011	0.005	0.007
Formicidae	0.069	0.018	0.033	0.001	0.000	0.001
Gelechiidae	0.023	0.073	0.059	0.000	0.001	0.001
Geometridae	1.053	1.401	1.302	0.021	0.028	0.026
Gryllidae	0.458	0.209	0.280	0.009	0.004	0.006
Hemerobiidae	0.229	0.437	0.378	0.005	0.009	0.008
Hesperiidae	0.275	0.337	0.319	0.005	0.007	0.006
Ichneumonidae	2.908	3.174	3.098	0.058	0.063	0.062
Lampyridae	0.160	0.127	0.137	0.003	0.003	0.003
Lasiocampidae	0.046	0.018	0.026	0.001	0.000	0.001
Lauxaniidae	0.023	0.000	0.007	0.000	0.000	0.000
Limacodidae	0.046	0.000	0.013	0.001	0.000	0.000
Lycaenidae	0.160	0.055	0.085	0.003	0.001	0.002
Lycidae	0.137	0.100	0.111	0.003	0.002	0.002
Lygaeidae	0.069	0.091	0.085	0.001	0.002	0.002
Macromiidae	0.000	0.055	0.039	0.000	0.001	0.001
Meloidae	0.023	0.155	0.117	0.000	0.003	0.002
Membracidae	0.206	2.428	1.797	0.004	0.049	0.036
Miridae	1.854	2.638	2.415	0.037	0.053	0.048
Muscidae	0.023	0.164	0.124	0.000	0.003	0.002
Nitidulidae	0.000	0.018	0.013	0.000	0.000	0.000
Noctuidae	1.557	1.264	1.347	0.031	0.025	0.027
Nolidae	0.023	0.027	0.026	0.000	0.001	0.001
Notodontidae	0.000	0.045	0.033	0.000	0.001	0.001
Notonectidae	0.000	0.009	0.007	0.000	0.000	0.000
Nymphalidae	0.389	0.482	0.456	0.008	0.010	0.009
Oedemeridae	0.046	0.018	0.026	0.001	0.000	0.001
Papilionidae	0.000	0.045	0.033	0.000	0.001	0.001
Pelecinidae	0.000	0.036	0.026	0.000	0.001	0.001
Pentatomidae	0.389	0.764	0.657	0.008	0.015	0.013
Pieridae	1.282	1.701	1.582	0.026	0.034	0.032
Pompilidae	0.023	0.009	0.013	0.000	0.000	0.000
Pyrilidae	3.251	3.738	3.600	0.065	0.075	0.072
Pyrgomorphidae	1.351	0.655	0.853	0.027	0.013	0.017
Pyrrhocoridae	0.000	0.027	0.020	0.000	0.001	0.000
Reduviidae	0.046	0.155	0.124	0.001	0.003	0.002
Romaleidae	0.275	0.246	0.254	0.005	0.005	0.005
Sarcophagidae	0.183	0.009	0.059	0.004	0.000	0.001
Saturniidae	0.046	0.055	0.052	0.001	0.001	0.001
Scarabaeidae	0.160	0.755	0.586	0.003	0.015	0.012
Sciaridae	5.952	4.566	4.960	0.119	0.091	0.099
Scoliidae	0.275	0.464	0.410	0.005	0.009	0.008
Scutelleridae	0.092	0.018	0.039	0.002	0.000	0.001
Silvanidae	0.000	0.018	0.013	0.000	0.000	0.000
Sphecidae	0.206	0.291	0.267	0.004	0.006	0.005
Sphingidae	0.023	0.018	0.020	0.000	0.000	0.000
Staphylinidae	0.092	0.246	0.202	0.002	0.005	0.004
Stenopelmaticidae	0.000	0.009	0.007	0.000	0.000	0.000
Stratiomyidae	0.023	0.009	0.013	0.000	0.000	0.000
Syrphidae	0.755	0.691	0.709	0.015	0.014	0.014

Tachinidae	14.080	7.613	9.451	0.282	0.152	0.189
Tenebrionidae	0.229	0.182	0.195	0.005	0.004	0.004
Tephritidae	0.069	0.055	0.059	0.001	0.001	0.001
Tettigoniidae	0.046	0.073	0.065	0.001	0.001	0.001
Therevidae	0.023	0.064	0.052	0.000	0.001	0.001
Tipulidae	2.564	1.173	1.569	0.051	0.023	0.031
Tortricidae	1.282	2.956	2.480	0.026	0.059	0.050
Ulidiidae	0.092	0.018	0.039	0.002	0.000	0.001
Vespidae	3.663	3.829	3.782	0.073	0.077	0.076

De las 92 familias descritas se registraron 17 gremios tróficos, distribuidos en monofagos, olifagos y polifagos (Cuadro 24). En dicho listado se presentaron familias de insectos que contribuyen al control biológico (Braconidae, Cantharidae, Chrysopidae, Coccinellidae, Dolichopodidae, Empididae, Forficulidae, Hemerobiidae, Ichneumonidae, Lampyridae, Lycidae, Notonectidae, Pelecinidae, Pompilidae, Scolidae, Sphecidae, Staphylinidae, Syrphidae, Tachinidae, Therevidae, Vespidae, Muscidae y Pentatomidae), insectos plaga (Cicadellidae, Coreidae, Cerambycidae, Cercopidae, Crambidae, Curculionidae, Cydnidae, Drosophilidae, Ectobiidae, Elateridae, Gelechiidae, Geometridae, Gryllidae, Lygaeidae, Membracidae, Miridae, Noctuidae, Pentatomidae, Pieridae, Pyralidae, Scarabaeidae, Sciaridae, Tephritidae, Silvanidae y Ulidiidae), indicadores de calidad ambiental (Hesperiidae, Papilionidae, Ichneumonidae, Lampyridae y Macromiidae), descomponedores de la materia orgánica (Sarcophagidae, Stenopelmaticidae, Stratiomyidae, Tenebrionidae, Tipulidae, Silvanidae y Ulidiidae) y dispersoras de semillas (Formicidae). El uso diferencial del recurso trófico muestra una coexistencia simpátrica e importancia ecológica que representa la diversidad (a nivel de familia) de insectos al contribuir en la estabilidad ecológica de los SAF analizados.

Cuadro 24. Hábitos alimenticios de las familias de insectos registrados.

Familias	Fit	Sap	Par	Fun	Dep	Pol	Nec	Gran	Riz	Xil	Frug	Car	Hem	Necro	Chup	Omn	Mice	Mono	Oli	Poli
Acrididae	x															x			x	x
Adiheterothripidae	x				x															x
Aeshnidae					x															x
Alydidae	x				x											x				x
Andrenidae						x	x												x	x
Anthomyiidae	x	x	x													x				x
Apatelodidae	x																			x
Apidae						x	x											x	x	
Asilidae			x		x															x
Attelabidae	x	x													x	x		x		
Bibionidae	x	x				x	x									x				
Braconidae			x			x	x											x		
Buprestidae						x	x			x								x	x	
Calliphoridae		x	x		x		x			x				x		x				x
Cantharidae	x				x	x	x									x				x
Carabidae		x			x									x					x	
Cerambycidae	x									x					x					x
Cercopidae	x									x					x					x

Chrysomelidae	x				x		x	x			x		x
Chrysopidae				x	x	x					x		x
Cicadellidae	x							x			x		x
Coccinellidae			x	x	x	x							x
Coreidae	x									x			x
Crambidae	x				x	x	x	x					x
Curculionidae	x		x				x	x	x		x	x	x
Cydidae	x							x			x		x
Dolichopodidae				x							x		x
Drosophilidae		x	x			x			x		x		x
Ectobiidae		x								x	x		x
Elateridae		x		x			x	x	x		x		x
Empididae				x		x							x
Erebidae	x												x
Erotylidae													
Forficulidae		x		x						x	x		x
Formicidae	x			x						x	x		x
Gelechiidae	x												x
Geometridae	x					x							x
Gryllidae	x							x			x		x
Hemerobiidae				x	x	x					x		x
Hesperiidae	x					x						x	x
Ichneumonidae			x			x							x
Lampyridae				x	x	x							x
Lasiocampidae	x												x
Lauxaniidae	x	x				x					x		x
Limacodidae	x					x							x
Lycaenidae	x					x						x	
Lycidae				x					x			x	
Lygaeidae	x			x						x			x
Macromiidae				x					x				x
Meloidae	x		x		x	x	x						x
Membracidae	x												x
Miridae	x			x						x			x
Muscidae		x		x						x			x
Nitidulidae		x	x				x		x	x		x	x
Noctuidae	x					x			x				x
Nolidae	x											x	x
Notodontidae	x												x
Notonectidae				x								x	
Nymphalidae	x					x						x	x
Oedemeridae	x	x				x	x						x
Papilionidae	x					x						x	x
Pelecinidae	x		x										x
Pentatomidae	x			x					x				x
Pieridae	x					x							x

Fit= Fitófago, Sap= Saprófago, Par= Parasitoide, Fun= Fungívoro, Dep= Depredador, Pol= Polenófago, Nec= Nectarívoro, Gran= Granívoro, Riz= Rizófago, Xil= Xilófago, Frug= Frugívoro, Car= Carnívoro, Hem= Hematófago, Necro= Necrófago, Chup= Chupador, Omn= Omnívoro, Mice= Micetófago, Mono= Monofagia, Oli= Olifagia, Poli= Polifagia.

77

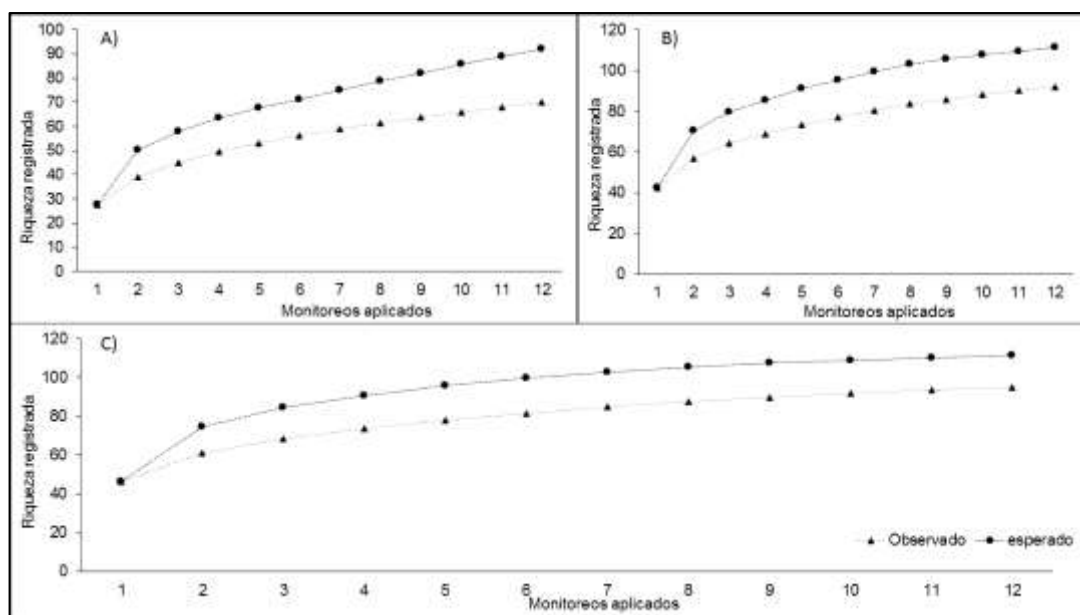


Figura 17. Riqueza (Jackknife1) de familias registradas en los SAF analizados: A) Agrosilvícola; B) Agrosilvopastoril; y C) Resumen general de los sistemas.

Shannon-Wiener obtuvo valores mínimos y máximos de: $H' = 3.3, 3.74, 3.83$ y $H' = 3.92, 4.23, 4.29$, respectivamente. Con valores promedio de: $H' = 3.78, 4.12$ y 4.18 . Estos resultados representan alto valor de diversidad entomológica registrada, se exhibe como los sistemas agroforestales evaluados permiten un uso diferencial de los recursos tróficos disponibles, manteniendo la estabilidad ecológica. Se demuestra como los SAF analizados representan una alternativa de producción sostenible que coadyuva con la conservación de la entomofauna a nivel local.

La riqueza y diversidad de insectos con valor superior en el sistema agrosilvopastoril se asocia a variables ecológicas del hábitat que se ven influenciadas por la presencia del componente animal. En estos sistemas la incidencia pecuaria modifica el arreglo estructural del recurso agrícola, forestal y herbáceo (particularmente pastos). Esto crea mayor heterogeneidad del hábitat y ofrece una amplia gama de nichos y microhábitats que pueden ser ocupados por diversas familias de insectos. La diversidad estructural de los recursos físico-ecológicos y de vegetación favorece una mayor complejidad de interacciones ecológicas, como la polinización, el control biológico de plagas, la competencia y las relaciones depredador-presa. La presencia de ganado introduce nuevos elementos al ecosistema, como estiércol, que atrae a insectos descomponedores (p.ej. escarabajos del estiércol), aumentando la diversidad y estabilidad ecológica de los agroecosistemas (Rigueiro-Rodríguez et al., 2010).

De esta manera Martins et al. (2020), señalan que los SAF, a diferencia de los cultivos convencionales, conservan una mayor diversidad de insectos que mantienen en equilibrio la estabilidad ecológica, señalan como la estructura heterogénea de los SAF determina el movimiento de insectos herbívoros, su duración, abundancia y mortalidad; lo anterior promueve interacciones ecológicas (huésped-parasitoide-planta) determinadas por la complejidad estructural de los SAF que ofrece nichos de alimento, nidación, refugio y desarrollo de dichos organismos, los cuales disponen de una amplia gama de espacios microclimáticos que amortiguan las condiciones extremas de temperatura y lluvia (Centeno-Alvarado et al., 2023). Por su parte Ulyshen et al. (2023) y Kingazi et al. (2024) señalan como los sistemas agrosilvícolas promueven la presencia de polinizadores, dichos autores resaltan como la cubierta vegetal leñosa incrementa

la disponibilidad floral que atrae una mayor diversidad de insectos a nivel de paisaje. La agrosilvicultura o sistemas agroforestales están representados por la incorporación de plantas leñosas (árboles y arbustos) asociados a cultivos y/o ganado en un mismo espacio, es una práctica ecológica que fomenta la conservación de diferentes grupos taxonómicos, particularmente insectos (Bentrup et al., 2019). De esta forma Silva-Neto et al. (2023) y Martínez-Salinas et al. (2022) señalan como el componente vegetal leñoso de los SAF proporciona alimento alternativo para los insectos, particularmente polinizadores, esto al ofrecer recurso alimenticio cuando los cultivos agrícolas no se encuentran en floración. Por su parte Centeno-Alvarado et al. (2023) describen como la estructura vegetal de los SAF, particularmente arbóreo, proporciona protección contra eventos ambientales extremos y ante perturbaciones agrícolas. Bajo el mismo enfoque Varah et al. (2020) han demostrado que la diversidad florística de los SAF incrementa la diversidad de insectos, particularmente polinizadores, esto se atribuye a la diversidad floral asincrónica que se presenta en estos agroecosistemas. Dicho fenómeno fue corroborado en los resultados del presente estudio, durante todo el periodo de monitoreo se registraron insectos polinizadores (particularmente del orden hymenoptera) que desarrollaron un uso espacio-temporal diferenciado del recurso disponible a lo largo del ciclo anual.

Los valores porcentuales obtenidos mediante el índice de Jaccard para la similitud de riqueza registrada durante los diferentes monitoreos aplicados, arrojó los siguientes resultados: Agrosilvícola: 45 %, Agrosilvopastoril: 53 % y General 55 %, exponiendo gran disimilitud de la riqueza de familias registrada. Esta diferencia fue determinada por la estacionalidad anual del componente vegetal y estructura a nivel de paisaje que define el ensamblaje físico-ecológico de los nichos de utilización y determina la dinámica poblacional de los insectos y otros grupos taxonómicos a lo largo del tiempo.

En contraste Galbraith et al. (2020) y Tarigan et al. (2021) no mostraron diferencias significativas en la riqueza y abundancia de insectos presentes en SAF, no obstante, señalan que en ciertos casos la abundancia de insectos fue menor, comparado con sistemas de producción convencional. Sin embargo, Kingazi et al. (2024) mencionan que aún son escasos los trabajos realizados sobre esta temática por lo que falta desarrollar investigaciones que permitan generar conclusiones y proponer estrategias de mejoramiento a nivel agroforestal.

En análisis de Kruskal-Wallis evidenció diferencias estadísticamente significativas entre las medianas analizadas para la abundancia, la riqueza y la diversidad registrada en cada uno de los sistemas agroforestales evaluados (Cuadro 25).

Cuadro 25. Resultados de Kruskal-Wallis para la abundancia, riqueza y diversidad registrada en los SAF evaluados.

Ji cuadrado	Grados de libertad	Prob > Ji cuadrado
21.64	Agrosilvícola (Abundancia)	0.02
	11	
22.44	Agrosilvopastoril (Abundancia)	0.02
	11	
20.65	General (Abundancia)	0.03
	11	
22.17	Agrosilvícola (Riqueza)	0.02
	11	
21.07	Agrosilvopastoril (Riqueza)	0.03
	11	

	General (Riqueza)	
20.06	11	0.04
	Diversidad	
20.07	2	<0.00

Los resultados de X^2 muestran que la riqueza de familias registradas no es la que potencialmente se presenta en los agroecosistemas evaluados; al igual que la abundancia en el sistema Agrosilvícola. Por su parte, la diversidad registrada es la que potencialmente se presenta en las condiciones analizadas (Cuadro 26).

Cuadro 26. Resultados de X^2 para la abundancia, riqueza y diversidad registrada.

N	Grados de libertad	Ji cuadrado	Prob > Ji cuadrado
		Agrosilvícola (Abundancia)	
840	484	543.86	0.03
		Agrosilvopastoril (Abundancia)	
1104	836	822.79	0.62
		General (Abundancia)	
1140	1056	1053.36	0.51
		Agrosilvícola (Riqueza)	
840	11	22.19	0.02
		Agrosilvopastoril (Riqueza)	
1104	11	21.09	0.03
		General (Riqueza)	
1140	11	20.08	0.04
		Diversidad	
36	58	63	0.3

El análisis de conglomerados evidenció la conformación de diversos clústeres, abundancia: Agrosilvícola = dos, Agrosilvopastoril = dos y General = tres (Figura 18), y para riqueza: Agrosilvícola = cinco, Agrosilvopastoril = dos, y General = tres (Figura 19), mostrando diferentes porcentajes de disimilitud en el registro de ambos parámetros (abundancia y riqueza; Cuadro 27). Estos resultados se atribuyen a la estacionalidad anual que define la disponibilidad de alimento y siglo reproductivo de los insectos, asociado a la estructura vegetal y factores físico-ecológicos presentes a lo largo del año.

Cuadro 27. Resultados absolutos y porcentuales de los clústeres conformados con la abundancia y riqueza de familias de insectos registrados.

Descomposición de la varianza	Absoluto	Porcentaje
	Abundancia Agrosilvícola	
Intraclase	136098.72	10.01 %
Interclases	1223275.27	89.99 %
	Abundancia Agrosilvopastoril	
Intraclase	372956.30	4.16 %
Interclases	8581899.45	95.84 %
	Abundancia General	
Intraclase	181959.00	3.77 %
Interclases	4645049.58	96.23 %
	Riqueza Agrosilvícola	
Intraclase	57.41	49.64 %
Interclases	58.25	50.36 %
	Riqueza Agrosilvopastoril	

Intracase	123.10	84.75 %
Interclases	22.15	15.25 %
Riqueza General		
Intracase	107.50	73.17 %
Interclases	39.41	26.83 %

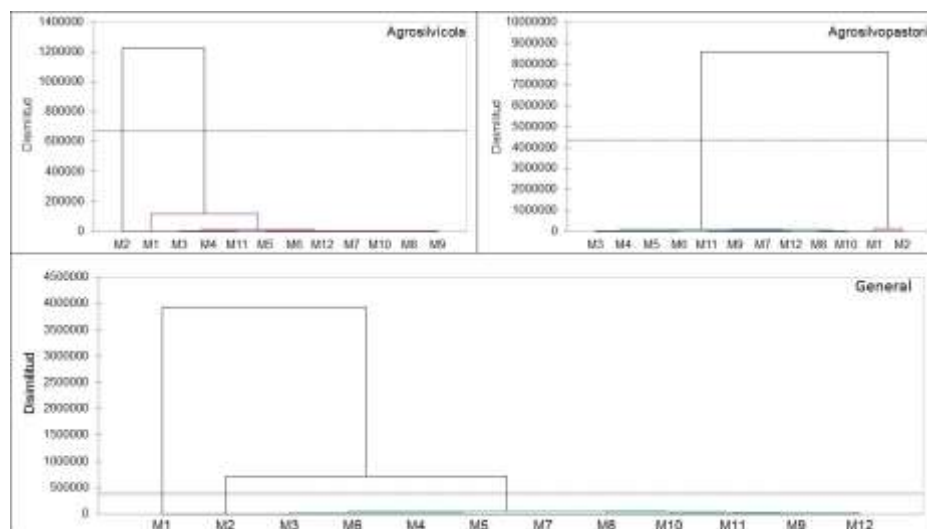


Figura 18. Análisis clúster de la abundancia de familias de insectos registrados en los diferentes monitoreos. Nota: la línea horizontal (línea euclídea) define el número de clústeres de cada condición evaluada; los colores muestran la agrupación de los monitoreos con mayor similitud en la abundancia de familias registradas.

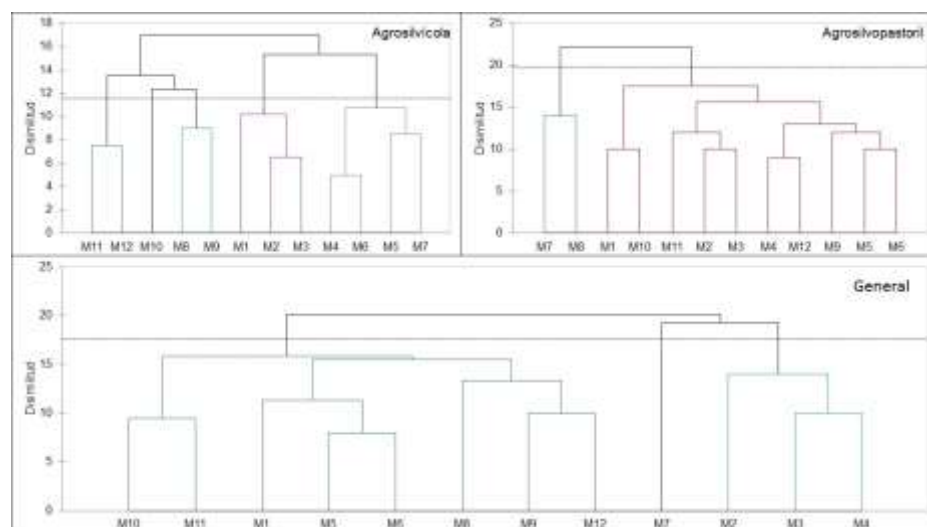


Figura 19. Análisis clúster de la riqueza de familias de insectos registrados en cada monitoreo. Nota: la línea horizontal (línea euclídea) define el número de clústeres de cada condición evaluada; los colores muestran la agrupación de los monitoreos con mayor similitud en riqueza de familias registradas.

Este estudio aporta información importante sobre los sistemas agroforestales “agrosilvícola y agrosilvopastoril” inmersos en Bosque Mesófilo de Montaña, en relación a la incidencia de insectos; sin embargo, para proponer mejores prácticas de manejo agroforestal ligados a la incidencia de insectos, es necesario desarrollar trabajos específicos que permitan visualizar el efecto que presentan los SAF y la estructura del hábitat sobre los parámetros poblacionales de insectos como recurso indicador de calidad ambiental, coadyuvando a la conservación de insectos y diversos grupos taxonómicos para esta región particular de Atzalan, Xochiapulco, Puebla, México.

5.5. CONCLUSIONES

La estructura heterogénea de los sistemas agroforestales coadyuva con la incidencia de insectos al proveer nichos tróficos diferenciales. Se recomienda incrementar la diversidad de estratos vegetales (vertical-horizontal) para conservar la disposición de insectos y mantener en equilibrio la dinámica poblacional e interacciones ecológicas positivas como un indicador de calidad ambiental. Los sistemas agroforestales evaluados conservan una amplia diversidad de familias de insectos, representan una opción ante los escenarios actuales sobre la pérdida, degradación y fragmentación del hábitat en bosques naturales.

5.6. AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Humanidades Ciencias y Tecnologías por el financiamiento para el desarrollo de este proyecto. Al Doctorado en Agricultura Multifuncional para el Desarrollo Sostenible de la Universidad Autónoma Chapingo. A los productores de la comunidad de Atzalan por permiternos desarrollar el presente trabajo en sus espacios de producción. Armando Romero Díaz y Nanci Itzel Romero Díaz por su apoyo en la realización de los trabajos de campo.

5.7. REFERENCIAS

- Aguilar-Astudillo E, Morales-Morales CJ, Alonso-Bran R, Aguilar-Castillo VM, Espinosa-Moreno JA. 2021. Insectos asociados a plantaciones de café en el municipio de Simojovel, Chiapas, México. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research* 4 (2): 2809-2819. <https://doi.org/10.34188/bjaerv4n2-101>
- Ambele C, Bisseleua H, Djuideu C, Akutse K. 2023. Managing insect services and disservices in cocoa agroforestry systems. *Agroforest Syst* 97 (1): 965–984. <https://doi.org/10.1007/s10457-023-00839-x>
- Armijos-Vásquez V, García Cruzatty LC, Castro Olaya 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>
- Bentrup G, Hopwood J, Adamson N, Vaughan M. 2019. Temperate Agroforestry Systems and Insect Pollinators: A Review. *Forests* 10 (11): 981. <https://doi.org/10.3390/f10110981>
- Borror DJ, Triplehorn CA, Johnson NF. 2005. An introduction to the study of insects. 7ma. Edición. Estados Unidos de América. Editorial: Thomson Book/Cole. 879 p.
- Cardoso P, Bartonb P, Birkhoferc K, Chichorro F, Diácono C, Fartmann T, Fukushima C, Gaigher R, Habel J, Hallmann C, Hill M, Hochkirch A, Kwak M, Mammola S, Ari J, Orfinger A, Pedraza F, Pryke J, Roque F, Settele J, Simaika J, Cigüena N, Suhling F, Vorsterd C, Samways M. 2020. Scientists' warning to humanity on insect extinctions. *Biological Conservation* 242 (1): 108426. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108426>

- Castillo M, Barba-Álvarez R, Mayorga A. 2018. Riqueza y diversidad de insectos acuáticos en la cuenca del río Usumacinta en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 89: S45-S64. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2018.4.2177>
- Centeno-Alvarado D, Valentina Lopes A, Arnan X. 2023. Fostering pollination through agroforestry: A global review. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 351 (1): 108478. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2023.108478>
- Falcón-Brindis A, León-Cortés J, Montañez-Reyna M. 2021. How effective are conservation areas to preserve biodiversity in Mexico? *Perspectives in Ecology and Conservation* 19 (1): 399–410. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2021.07.007>
- Galbraith SM, Griswold T, Price WJ, Bosque-Perez N. 2020. Biodiversity and community composition of native bee populations vary among human-dominated land uses within the seasonally dry tropics. *Journal of Insect Conservation* 24 (1): 1045–1059. <https://doi.org/10.1007/s10841-020-00274-8>
- Huang J, Miao X, Wang Q, Menzel F, Tang P, Yang D, Wu H, Vogler A. 2021. Metabarcoding reveals massive species diversity of Diptera in a subtropical ecosystem. *Ecology and Evolution* 12 (1): e8535. <https://doi.org/10.1002/ece3.8535>
- Jankielsohn A. 2018. The Importance of Insects in Agricultural Ecosystems. *Advances in Entomology* 6 (2): 62-73. <https://doi.org/10.4236/ae.2018.62006>
- Kaur G, Sarao P, Chhabra N. 2023. Therapeutic Use of Insects and Insect Products. *Indian Journal of Entomology* 85 (3): 798–807. <https://doi.org/10.55446/IJE.2023.964>
- Kingazi N, Temu R, Sirima A, Jonsson M. 2024. Tropical agroforestry supports insect pollinators and improves bean yield. *Journal of Applied Ecology* 1 (1): 1-14. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14629>
- León-Burgos A, Murillo-Pacheco J, Bautista-Zamora D, Quinto J. 2019. Insectos benéficos asociados a plantas arvenses atrayentes en agroecosistemas del Piedemonte de la Orinoquia Colombiana. *Cuadernos de Biodiversidad* 56 (1): 1-14.
- Martínez-Salinas A, Cadena-Guadarram A, Aristizaval N, Vélchez-Mendoza S, Cerdá R, Ricketts T. 2022. Interacting pest control and pollination services in coffee systems. *Environmental sciences* 119 (15): e2119959119. <https://doi.org/10.1073/pnas.2119959119>
- Martins A, Assmann Lemes JR, Rogério Lopes P, Penteado Dias A. 2020. The Chrysidoidea Wasps (Hymenoptera, Aculeata) in Conventional Coffee Crops and Agroforestry Systems in Southeastern Brazil. *Papeis Avulsos de Zoologia* 60 (1): e20206058. <http://doi.org/10.11606/1807-0205/2020.60.58>
- Morón M, Terrón, R. 1984. Distribución altitudinal y estacional de los insectos necrófilos en la sierra Norte de Hidalgo, México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)* 3: 1–47. <https://doi.org/10.21829/azm.1984.132052>
- Ramos DL, Cunha WL, Evangelista J, Lira LA, Rocha MVC, Gomes PA, Frizzas MR, Togni PHB. 2020. Ecosystem Services Provided by Insects in Brazil: What Do We Really Know? *Neotrop Entomol* 49: 783–794. <https://doi.org/10.1007/s13744-020-00781-y>
- Raven P, Wagner D. 2020. Agricultural intensification and climate change are rapidly decreasing insect biodiversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 118 (2): e2002548117. <https://doi.org/10.1073/pnas.2002548117>
- Rigueiro-Rodríguez A, Rois-Díaz M, Mosquera-Losada MR. 2010. Integrating Silvopastoralism and Biodiversity Conservation. In: Lichtfouse, E. (eds) *Biodiversity, Biofuels, Agroforestry and Conservation Agriculture. Sustainable Agriculture Reviews*, vol 5. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-90-481-9513-8_12

- Rivera J, Carbonell F. 2020. Los insectos comestibles del Perú: Biodiversidad y perspectivas de la entomofagia en el contexto peruano. *Ciencia & Desarrollo* 27 (1): 5-36. <https://doi.org/10.33326/26176033.2020.27.995>
- Sánchez-Bayo F, Wyckhuys K. 2021. Symposium: insect decline and conservation. Review Forther evidence for a global decline of the entomofauna. *Austral Entomology* 60 (1): 9-26. <https://doi.org/10.1111/aen.12509>
- Sánchez-Flores P, Alvareño L, Iannaccone J. 2019. Diversity of terrestrial insects in four vegetable communities of the regional conservation area (acr) Ventanilla wetland, Callao, Peru. *The Biologist (Lima)* 17 (1): 73-94.
- Scudder G. 2009. The importance of insects. In: *Insect biodiversity: Science and society*, (Edited by Footitt R.J. & P. H. Adler), pp. 7-32.
- SEMARNAT 2012. Informe de la situación del medioambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales indicadores clave y de desempeño ambiental. https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_12/04_biodiversidad/cap4_1.html
- Silva-Neto C, Costa-Santos L, Gomes de Souza W, Oliveira T, Castro T, Alves A, Neves F, Oliveira De Souza, M. 2023. Bees in agroforestry systems in the Cerrado. *Journal of Apicultural Research* 62 (4): 675–679. <https://doi.org/10.1080/00218839.2021.1907977>
- Soca-Flores M, Vergara C, Callohuari Y, Chávez A. 2022. Insectos fitófagos asociados al cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en invierno y sus controladores biológicos. *Manglar* 19 (2): 143-151.
- Stork NE. 2018. How many species of insects and other terrestrial arthropods are there on Earth?. *Annual Review of Entomology* 63 (1): 31–45. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento020117-043348>
- Tarigan S, Buchori D, Siregar IZ, Azhar A, Ulyta A, Tjoa A, Edy N. 2021. Agroforestry inside oil palm plantation for enhancing biodiversity-based ecosystem functions. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 694 (1): 012058. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/694/1/012058>
- Ulyshen M, Urban-Mead K, Dorey J, Rivers J. 2023. Forests are critically important to global pollinator diversity and enhance pollinator in adjacent crops. *Biological reviews* 98 (1): 1118-1141. <https://doi.org/10.1111/brv.12947>
- Varah A, Jones H, Smith J, Potts S. 2020. Temperate agroforestry systems provide greater pollination service than monoculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 301 (1): 107031. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.107031>
- Villanueva-López G, Lara-Pérez L, Oros-Ortega I, Ramírez-Barajas P, Casanova-Lugo F, Ramos-Reyes R, Aryal D. 2019. Diversity of soil macro-arthropods correlates to the richness of plant species in traditional agroforestry systems in the humid tropics of Mexico. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 286 (1): 106658. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.106658>
- Wagner D, Fox R, Salcido D, Dyer L. 2020. A window to the world of global insect declines: Moth biodiversity trends are complex and heterogeneous. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 118 (2): e200254917. <https://doi.org/10.1073/pnas.2002549117>
- XLSTAT, Software de Análisis Estadístico (2018). Statistical and Data Analysis Solution, by Addinsoft, version 2018.7.5. Disponible en: <https://www.xlstat.com>. Fecha de consulta: 15 de enero de 2024.
- Zumbado MA, Azofeifa D. 2018. Insectos de Importancia Agrícola. Guía Básica de Entomología. Heredia, Costa Rica. Programa Nacional de Agricultura Orgánica (PNAO). 204 pp.

**6. INSECTOS ADULTOS ASOCIADOS A SISTEMAS
AGROFORESTALES INMERSOS EN BOSQUE MESÓFILO DE
MONTAÑA, DE ATZALAN, XOCHIAPULCO, PUEBLA
ADULT INSECTS ASSOCIATED WITH AGROFOREST SYSTEMS
IMMERSED IN MOUNTAIN MESOPHYL FOREST, ATZALAN,
XOCHIAPULCO, PUEBLA**

6.1. RESUMEN

Los sistemas agroforestales coadyuvan a la conservación de insectos al brindar nichos de utilización; dichos organismos desarrollan interacciones positivas que regulan la dinámica ecológica y contribuyen a la estabilidad. Para determinar los órdenes de insectos, registrados en estados adultos, asociados al uso de la estructura vertical y horizontal de la vegetación y el hábitat en sistemas agroforestales. De noviembre de 2021 a octubre de 2022 se realizó colecta de insectos. Se aplicó Índice de Abundancia Relativa (IAR), Frecuencia Relativa (FR), pruebas de Kruskal-Wallis, X^2 , Análisis de Componentes Principales (ACP), Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) y *Regresión Poisson* (GLM). El IAR mostró valores altos para Orthoptera (38.23 %), Hemiptera (23.48 %) e Hymenoptera (14.59 %). FR, presentó incidencia muy frecuente para Orthoptera, Hymenoptera y Hemiptera. Kruskal-Wallis mostró diferencias para el registro de Orthoptera, Hymenoptera, Lepidoptera y Coleoptera. Por su parte X^2 señaló que los valores registrados fueron los esperados por el modelo. El principal uso del hábitat que se registró fue percha y alimentación. El ACP registró una proporción de varianza acumulada del 86.94 %. El ACC mostró porcentajes de inercia del 88.24 y 82.54 % para el uso del hábitat y localización vertical-horizontal, respectivamente. El GLM exhibió cinco y 13 variables de la vegetación y el hábitat, respectivamente, que determinaron la incidencia de insectos en los agroecosistemas evaluados. Se recomienda incrementar la diversidad de estratos en base a los resultados obtenidos, para conservar la disposición de insectos y mantener en mayor equilibrio la dinámica poblacional e interacciones ecológicas positivas.

Palabras clave: entomofauna, hábitat, polinización, agroecosistema, conservación, comportamiento, estrato florístico.

6.2. ABSTRACT

Agroforestry systems contribute to the conservation of insects by providing niches for use; These organisms develop positive interactions that regulate ecological dynamics and contribute to stability. To determine the orders of insects, recorded in adult stages, associated with the use of the vertical and horizontal structure of vegetation and habitat in agroforestry systems. From November 2021 to October 2022, insect collection was carried out. Relative Abundance Index (RAI), Relative Frequency (RF), Kruskal-Wallis tests, X², Principal Component Analysis (PCA), Canonical Correspondence Analysis (CCA) and Poisson Regression (GLM) were applied. The IAR showed high values for Orthoptera (38.23%), Hemiptera (23.48%) and Hymenoptera (14.59%). FR, presented very frequent incidence for Orthoptera, Hymenoptera and Hemiptera. Kruskal-Wallis showed differences for the record of Orthoptera, Hymenoptera, Lepidoptera and Coleoptera. For his part, X² indicated that the values recorded were those expected by the model. The main habitat use recorded was perching and feeding. The PCA recorded a cumulative variance proportion of 86.94%. The ACC showed inertia percentages of 88.24 and 82.54% for habitat use and vertical-horizontal location, respectively. The GLM exhibited five and 13 vegetation and habitat variables, respectively, that determined the incidence of insects in the evaluated agroecosystems. It is recommended to increase the diversity of strata based on the results obtained, to conserve the disposition of insects and maintain population dynamics and positive ecological interactions in greater balance.

Keywords: entomofauna; orthoptera; entomofauna, habitat, pollination, agroecosystem, conservation, behavior, floristic stratum.

6.3. INTRODUCCIÓN

Los insectos representan un grupo taxonómico abundante; a nivel mundial se estima una diversidad promedio de 5.5 millones de especies (variando en su forma, color y tamaño), de las cuales se ha identificado aproximadamente una quinta parte (Lokeshwari y Shantibala, 2010; Figueroa-Sandoval et al., 2018; Stork, 2018). Sin embargo, factores estocásticos, ligados a la deforestación, expansión agrícola (presión agroeconómica) y

urbanización, contribuyen a la fragmentación del hábitat, variación climática y pérdida de esta biodiversidad (entre 250 y 500 mil especies extintas; Régnier et al., 2015; Basset y Lamarre, 2019; Habel et al., 2019). De igual forma, una limitada conexión entre parches y remanentes naturales alteran la permanencia y función de estos organismos, incrementando eventos de extinción masiva (Fletcher et al., 2018). No obstante, la movilidad y desplazamiento de los insectos se encuentra ligado al grado de fragmentación y alteración del hábitat, por lo que su impacto puede ser variable. De esta manera, los insectos de baja movilidad logran adaptarse y sobrevivir en poblaciones aisladas (p. ej., ortópteros no voladores; Poniatowski et al., 2018). Por su parte, especies de mayor desplazamiento (p. ej., lepidópteros) tienden a desarrollar metapoblaciones; dichos insectos requieren de una red de remanentes naturales (parches) adecuados en tamaño y cercanía espacial que permitan la locomoción y el flujo genético de las especies (Stuhldreher y Fartmann, 2014). Siendo la calidad del hábitat el principal factor en la incidencia de estos organismos (Poniatowski et al., 2018; Münsch et al., 2019).

Estudios recientes señalan como los sistemas agroforestales (particularmente huertos caseros) con una estructura vegetal heterogénea (multiestrato) y cercanos a bosque natural, coadyuvan a la conservación de este grupo taxonómico (Kremen, 2015; Pérez-García et al., 2017; Kremen et al., 2018; Mazón et al., 2018; Cardoso et al., 2020; Palma-López et al., 2022). Dado el arreglo y composición florística de tales agroecosistemas (sistemas agroforestales), generan condiciones óptimas de aireación, incidencia en la radiación solar y humedad relativa, desarrollan microhábitats que permiten la proliferación de una amplia diversidad de insectos (Bentrup et al., 2019); representando un indicador de calidad ambiental, primordial para el funcionamiento y subsistencia estructural de los agroecosistemas (Pérez-García et al., 2017; Aguilar-Astudillo et al., 2021). Tal como lo sugiere la hipótesis de la concentración de recursos (diversidad-estabilidad), misma que señala que, cuanto mayor sea la diversidad biológica de cierto ecosistema o agroecosistema, mayor será la estabilidad ecológica; describe que las poblaciones de insectos pueden estar determinadas por la acumulación y distribución espacial del componente florístico, quien impide que organismos que pudieran tornarse plaga eviten desplazarse y generar daños perceptibles a la vegetación (Andow, 1991). La diversidad de insectos al interior de estos medios de producción esta soportado por la diversidad vegetal

como recurso trófico; esto estimula retos que dirigen a comprender la relación del uso vegetal y el hábitat y su efecto en la incidencia de insectos para determinar la calidad ambiental. Por otra parte, estudios han señalado como el cambio de uso de suelo desarrolla efectos significativos que reducen la distribución vertical y horizontal de los insectos en el componente florístico, afectando el éxito reproductivo, desarrollo y maduración larval (Basset y Lamarre, 2019).

La comunidad de Atzalan se ubica en la Sierra Norte de Puebla; en la localidad los medios de producción son en su mayoría agricultura de subsistencia y en arreglo a manera de sistemas agroforestales (particularmente hurtos caseros), inmersos (rodeados) en Bosque Mesófilo de Montaña (semiconservado). A pesar del arreglo vegetal de tales agroecosistemas (sistemas agroforestales), favorables para albergar una considerable diversidad de insectos, a la fecha no existen estudios que determinen la abundancia de estos organismos, menos aún que contemplen factores de la vegetación y el hábitat como elementos determinantes de la diversidad. Por ello el objetivo del presente estudio fue determinar los órdenes de insectos, registrados en estados adultos, asociados al uso de la estructura vertical y horizontal de la vegetación y el hábitat como factor determinante en la incidencia de éstos organismos.

6.4. METODOLOGÍA

El área de estudio se localizó en la comunidad de Atzalan, Xochiapulco, Puebla, México (19° 53' 49'' N y 97° 37' 17'' W. 1 565 msnm). Se establecieron 10 unidades de estudio (UE), cada punto correspondió a un sistema agroforestal (huerto familiar) inmerso en Bosque Mesófilo de Montaña; esto mediante un diseño de muestreo sistemático, garantizando la independencia de los datos (León-Burgos et al., 2019; Rojas-Rodríguez et al., 2019). El seguimiento de variables se desarrolló de manera mensual, durante noviembre de 2021 a octubre de 2022. La colecta de insectos se realizó mediante seguimiento directo utilizando una red de golpeo (Sánchez-Flores et al., 2019; Soca-Flores et al., 2022). Para cada insecto colectado se registró la actividad que realizaba (alimentación, polinización, reproducción, percha, vuelo) al momento de ser capturado (Nagai et al., 2022). Cabe señalar que la colecta de insectos se realizó en los estratos vegetales herbácea, arbustiva y arbórea, esta última solo consideró a los individuos registrados a una altura menor a 2 m. Las variables de vegetación fueron registradas

mediante cuadrantes con punto central (Fernández-Azuara et al., 2018; Ajacopa et al., 2021; Serafín-Higuera et al., 2022) y las del hábitat a través de Líneas de Canfield (Mijares et al., 2019; Hernández-Juárez et al., 2021), dichas metodologías se aplicaron y condujeron en los primeros ocho días de cada mes, cuando las condiciones climáticas fueron favorables. Los insectos fueron identificados a nivel de orden, a través de claves taxonómicas propuestas por Borror et al. (1989). Por su parte la identificación de especies vegetales se llevó a cabo a partir de la clasificación taxonómica propuesta por Rzedowski (1978) y, Rzedowski y Calderón-de Rzedowski (2013), para ello se generó un ID, que consistió en tomar las tres primeras letras del género y la especie; esto para una identificación mejor en el análisis estadístico; ejemplo: *Juglans regia* = JugReg. Se determinó índice de abundancia relativa (IAR) y frecuencia relativa (FR). Para detectar posibles diferencias entre las abundancias de los órdenes de insectos registrados a lo largo de los diferentes muestreos, se emplearon análisis de Kruskal-Wallis; por su parte, para conocer si la proporción de individuos registrados fue adecuada, se aplicó un análisis de χ^2 ; ambos análisis fueron desarrollados en SAS, JMP IN v.8.0.2. Para conocer la principal actividad de los insectos en los sistemas evaluados, se graficaron las frecuencias de individuos en histogramas, posteriormente, se desarrolló un análisis de componentes principales (ACP); por su parte, con el fin de visualizar gráficamente el grado de asociación entre los insectos registrados y su distribución vertical-horizontal sobre la vegetación, se aplicó análisis de correspondencia canónica (ACC); ambos análisis se desarrollaron en XLSTAT v.2018.7.5. (XLSTAT, 2018). Para definir que variables del hábitat y vegetación determinaron la incidencia de insectos en los agroecosistemas evaluados, se desarrollaron análisis de regresión *poisson*, mediante modelos lineales generalizados (GLM), en R-3.6.0. Para todos los casos de análisis se empleó un $\alpha=0.05$.

6.5. RESULTADOS

Se registró un total de 2035 insectos, distribuidos nueve ordenes (Fig. 20). El índice de abundancia relativa (IAR) mostró valores altos para el orden Orthoptera (38.23 %), Hemiptera (23.48 %) e Hymenoptera (14.59 %), el resto presentaron valores menores (Fig. 21). Por su parte, el análisis de frecuencia relativa (FR) presentó porcentajes de incidencia muy frecuente (entre 75-100 %) para los órdenes Orthoptera, Hymenoptera, Hemiptera,

Diptera, Lepidoptera y Coleoptera; frecuente para Dermaptera; y poco frecuente (entre 10-25 %) para Blattodea y Odonata.

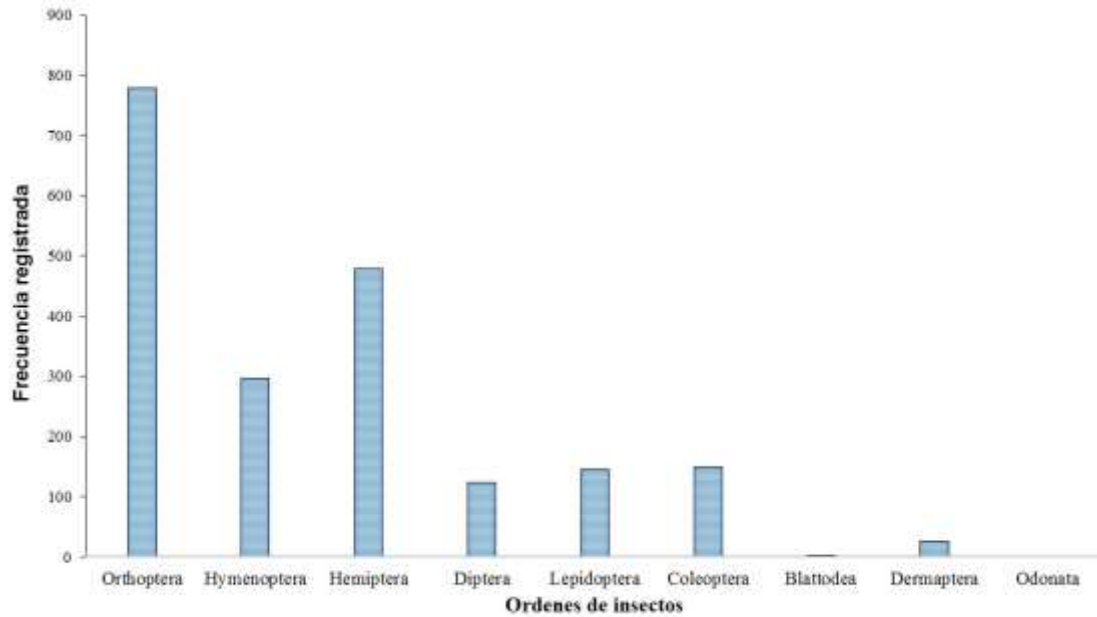


Fig. 20. Ordenes de insectos registrados en los agroecosistemas evaluados.

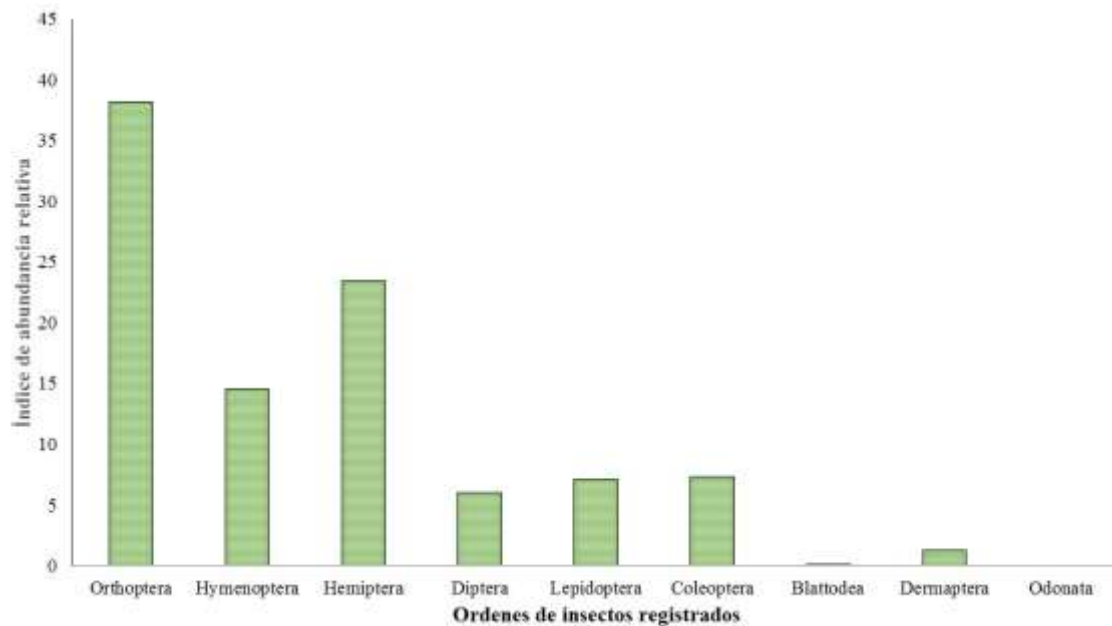


Fig. 21. Índice de abundancia relativa para los órdenes de insectos registrados.

El análisis de Kruskal-Wallis presentó diferencias para el registro de insectos de los órdenes: Orthoptera, Hymenoptera, Lepidoptera y Coleoptera, colectados en los diferentes monitoreos aplicados (Tabla 28).

Tabla 28. Resultados de Kruskal-Wallis para los insectos registrados por cada monitoreo aplicado.

Orden	Ji cuadrado	Grados de libertad	Prob > Ji cuadrado
Orthoptera	32,32	7	<.0001*
Hymenoptera	14,42	7	0,0441*
Hemiptera	13,61	7	0,0584
Diptera	3,30	7	0,8556
Lepidoptera	23,17	7	0,0016*
Coleoptera	14,97	7	0,0363*
Blattodea	8,00	7	0,3326
Dermaptera	12,05	7	0,0987
Odonata	7,00	7	0,4289

*= Diferencias estadísticas

El análisis de χ^2 mostró que, en la presente investigación se obtuvo una buena proporción de registro en las abundancias de los insectos analizados (Tabla 29).

Tabla 29. Resultados de χ^2 para la proporción de registro en las abundancias de los órdenes de insectos analizados.

Orden	N	Grados de libertad	Ji cuadrado	Prob > Ji cuadrado
Orthoptera	132	147	171,186	0, 0841
Hymenoptera	155	14	18,826	0, 1717
Hemiptera	58	42	27,171	0, 9629
Diptera	40	21	17,611	0, 6735
Lepidoptera	66	28	33,378	0, 2221
Coleoptera	83	28	26,938	0, 5216
Blattodea	9	7	9	0, 2527
Dermaptera	16	21	23,365	0, 3248
Odonata	8	7	8	0,3326

Se registraron cinco formas en que los insectos utilizan la vegetación de los sistemas agroforestales evaluados, mostrando un uso diferencial en términos de porcentaje (Fig. 22).

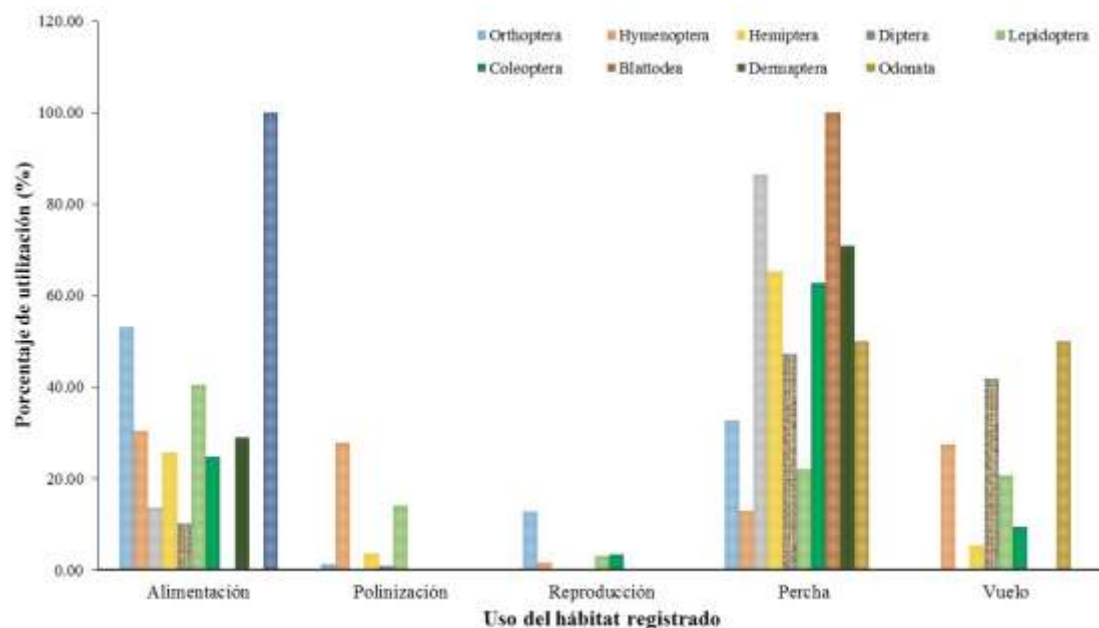


Fig. 22. Representación gráfica de las frecuencias de cada una de las actividades realizadas por los diferentes órdenes de insectos registrados.

Los ACP mostraron una proporción de varianza acumulada en sus tres primeros ejes (componentes) del 97.02 % (Tabla 30). En tal análisis se encontró que la principal actividad registrada para los órdenes de insectos analizados fue la alimentación, seguida de reproducción y percha.

Tabla 30. Componentes principales de las actividades registradas para los órdenes de insectos analizados.

Variable	Componente 1	Componente 2	Componente 3
Alimentación	0,981529363	0,00066519	0,016512673
Polinización	0,044315809	0,868454265	0,023058705
Reproducción	0,81976772	0,048222402	0,122165656
Percha	0,660955797	0,001204246	0,335250939
Vuelo	0,003464416	0,91850494	0,007238027
Desviación estándar	2,510033105	1,837051043	0,504225999
Proporción de variación	50,20066211	36,74102087	10,08451998
Proporción acumulativa	50,20066211	86,94168298	97,02620296

El ACC de las actividades registradas para los órdenes de insectos analizados y, la estructura vegetal, en los planos vertical y horizontal; evidenció una inercia acumulada en

sus dos primeros ejes del 88.24 %. En dicho análisis se visualiza como los insectos aplicaron un uso diferencial del estrato vertical y horizontal de la vegetación para el desarrollo de diferentes actividades (Fig. 23). Por su parte, el ACC para las actividades registradas por los órdenes de insectos analizados y, su ubicación sobre la vegetación en los planos vertical y horizontal presentó una inercia del 82.54 %. En dicho análisis se mostró como estos organismos desarrollaron un uso simpátrico de la vegetación y permitió la coexistencia de estos organismos (Fig. 24; Anexo 2).

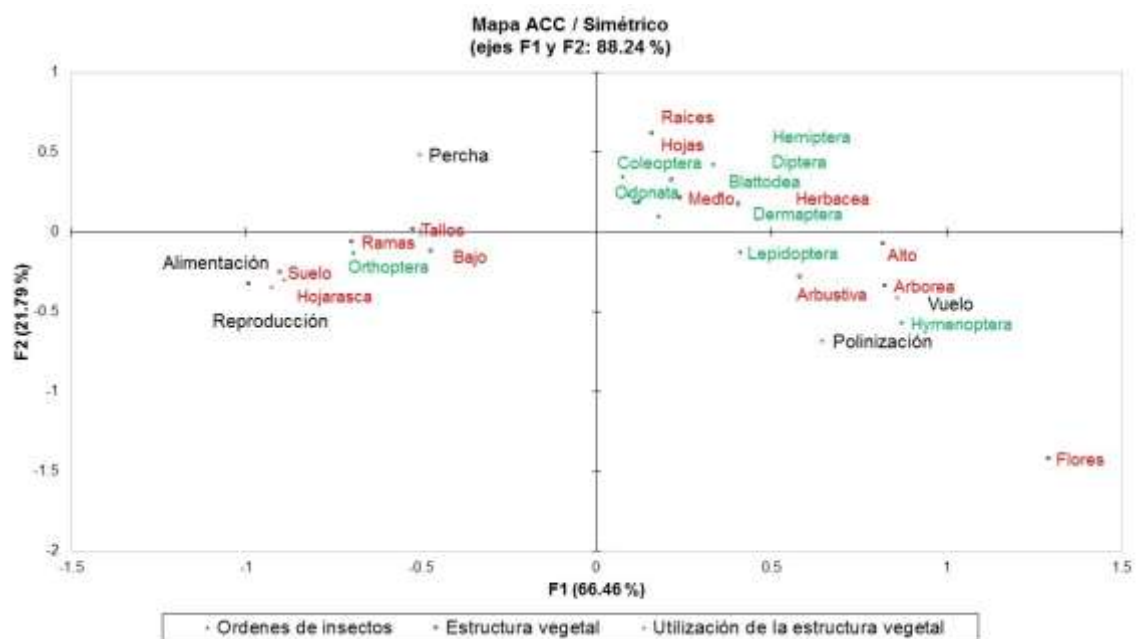


Fig. 23. Inercia registrada entre las actividades descritas para los órdenes de insectos analizados y la estructura vegetal, en los planos vertical y horizontal.

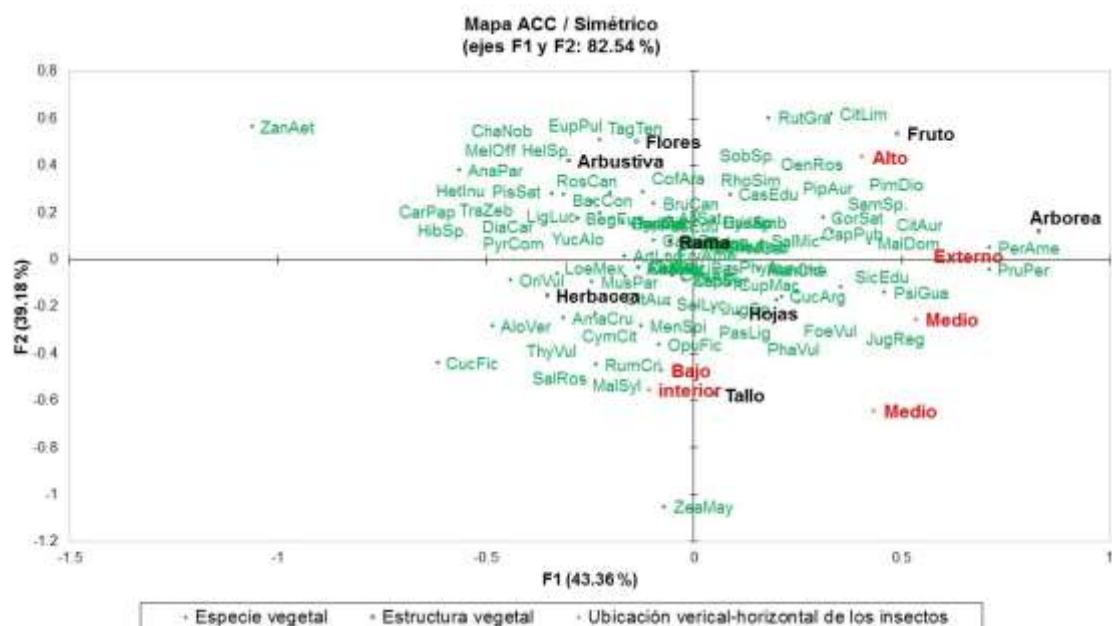


Fig. 24. Inercia registrada entre la especie vegetal, estructura y ubicación de los insectos registrados en los planos vertical y horizontal.

El Análisis de Regresión *Poisson* exhibió que cinco variables de la vegetación y 13 del hábitat, fueron elementos importantes que determinaron la incidencia de los órdenes de insectos registrados en la presente investigación (Tabla 31).

Tabla 31. Variables del hábitat y vegetación que determinaron la presencia de los órdenes de insectos registrados en los sistemas agroforestales evaluados.

Coefficientes	Valor estimado	Error estándar	Valor de Z	Pr(> z)
Variables de la vegetación				
Intercepto	4,8105163	0,2385898	20,162	< 2e-16 ***
Corteza agrietada	-0,055821	0,0323781	-1,724	0,084703 .
Árboles vulnerables a plagas	-0,181109	0,0469201	-3,86	0,000113 ***
Altura arbórea	-0,014927	0,0036397	-4,101	4,11e-05 ***
Árboles caducos	0,1166715	0,0224914	5,187	2,13e-07 ***
Cobertura arbórea	0,001831	0,0002331	7,856	3,96e-15 ***
Variables del hábitat				
Intercepto	2,607593	0,328836	7,93	2,20e-15 ***
Altura arbórea (dominante)	-0,037933	0,006671	-5,686	1,30e-08 ***
Rugosidad	0,402348	0,069586	5,782	7,38e-09 ***

Especie forestal (dominante)	-0,010658	0,001114	-9,567	< 2e-16 ***
Arreglo florístico	0,372332	0,070116	5,31	1,09e-07 ***
Cobertura forestal (%)	-0,00715	0,001932	-3,701	0,000215 ***
Humedad relativa	0,006587	0,002626	2,508	0,012127 *
Material leñoso (%)	0,026322	0,00375	7,019	2,24e-12 ***
Orientación de la pendiente	0,012352	0,002752	4,488	7,17e-06 ***
Pendiente (%)	-0,006965	0,001972	-3,531	0,000414 ***
Pedregosidad (%)	0,049352	0,00956	5,163	2,44e-07 ***
Suelo desnudo (%)	-0,019422	0,004099	-4,738	2,16e-06 ***
Temperatura	0,013456	0,005008	2,687	0,007213 **
Viento	-0,239144	0,059176	-4,041	5,32e-05 ***

Códigos de significancia: 0 ‘***’ 0,001 ‘**’ 0,01 ‘*’ 0,05 ‘.’ 0,1 ‘.’ 1.

6.6. DISCUSIÓN

La tendencia registrada en los órdenes de insectos analizados, concuerda con lo expuesto por Pino et al. (2006), quienes señalan que el principal recurso entomológico de los agroecosistemas está determinado por organismos del orden Orthoptera, Hemiptera, Lepidoptera e Hymenoptera. Así mismo Mazón et al. (2018) y Zegada et al. (2020) señalan que los grupos de mayor abundancia corresponden al orden Hymenoptera, Diptera y Hemiptera, no obstante, dicho estudio fue realizado bajo sistemas agroforestales asociadas al cultivo de cacao. Se refuerza lo expuesto por Guzmán-Mendoza et al. (2016), Poniatowski et al. (2018) y Ramírez-Méndez et al. (2019) quienes señalan como la alteración del hábitat en ciertos agroecosistemas, modifica la abundancia de organismos del orden Orthoptera que se asocian a la presencia de arvenses, tal como se registró en el presente estudio en donde dicho orden mostró mayor abundancia. Se concuerda con lo reportado por Leyva-Trinidad et al. (2020) quienes señalan que el principal recurso entomológico en el agroecosistema de tipo milpa corresponde al orden Orthoptera, utilizado como recurso complementario en la dieta de los productores al igual que diferentes especies de hongos y vertebrados silvestres. De la misma forma Ayala et al. (2018) mostraron que los Hymenopteros (hormigas) representan la mayor abundancia de organismos fitófagos y que pueden tornarse perjudiciales para los agroecosistemas, sin embargo, esto es controlado por distintos niveles tróficos que regulan y mantienen la

estabilidad ambiental (Ortega-Rivera et al. 2019). De la misma manera Novais et al. (2016) señalan que la mayor abundancia de insectos en sistemas agroforestales se encuentra representado por organismos del orden Hemiptera, señalan que gracias a la estructura heterogénea de estos medios de producción se mantiene un equilibrio constante entre insectos parásitos y depredadores. Bajo el mismo contexto Klein et al. (2002) y Bentrup et al. (2019) describen como la estructura, composición florística y disponibilidad floral de los agroecosistemas, permite el arribo de Hymenopteros y otros insectos que disponen de un hábitat que favorece a la conectividad espacial y mitiga la exposición a pesticidas, coadyuvando a la conservación de estos organismos. Por su parte Contreras (2021) señala la importancia que representa el grupo Hemiptera (Cicadidae) como indicador del periodo de siembra y labores culturales de la producción del agroecosistema milpa.

La actividad registrada por los órdenes de insectos analizados en el presente estudio, concuerda con lo reportado por Hidalgo y Acevedo (2012); Caprio et al. (2015); Novais, et al. (2016); Shapira et al. (2018); Armijos (2020) y Pech et al. (2022) quienes señalan que el principal uso del hábitat es para alimentación y descanso, dichos autores señalan como al interior de los agroecosistemas es regulado el número de organismos plaga y entomófagos lo cual permite el equilibrio de las poblaciones; al mismo tiempo señalan como los agroecosistemas cercanos a vegetación natural muestran mayor estabilidad ecológica. Por su parte Giovanetti et al. (2021) describen como la estructura vegetal de dichos medios de producción, desempeñan el papel de hábitat amortiguador que incide en la distribución espacial de los insectos (particularmente polinizadores), brindando espacio y recurso que permite cubrir aspectos de nidación y alimento. Esto es soportado por Uyttenbroeck et al. (2017) y Forbes et al. (2018) quienes describen como a partir de la historia evolutiva se han desarrollado interacciones conespecíficas y heteroespecíficas que reflejan una partición dinámica de los recursos, particularmente de polinizadores. De esta forma Duarte y López (2020) describen como ciertos insectos muestran una dependencia estricta de las flores (néctar y polen) para su alimentación. Esto último es soportado por Rojas-Rodríguez et al. (2019) y Ku-Ruiz y Sosenski (2021) quienes han evaluado una relación interespecífica insecto-planta, permitiendo la coexistencia planta-polinizador bajo el mismo entorno físico-biológico. Se destaca la necesidad de evaluar las

interacciones planta-insecto en diferentes agroecosistemas con la finalidad de proponer acciones que coadyuven a la conservación de especies y favorezcan la producción agrícola (Toledo-Hernández et al. 2017; Zegada et al. 2020).

Las variables del hábitat y vegetación que determinaron la incidencia de insectos en los agroecosistemas evaluados, coinciden con *Barbera et al. (2002)*; *Zegada et al. (2020)*; *Muhammad et al. (2022)* y *Pech et al. (2022)* quienes señalan como la altura del estrato arbóreo, suelo desnudo, hojarasca y la disponibilidad floral incrementan la abundancia y diversidad de insectos en los agroecosistemas, mostrando un uso diferencial en la estructura vertical y horizontal de la vegetación. Esto es corroborado por *Caprio et al. (2015)* y *Vandromme et al. (2019)* quienes señalan como los artrópodos se distribuyen de forma heterogenea a lo largo de los diferentes estratos, coadyuvando al control de organismos plaga y favoreciendo a la polinización activa y pasiva conforme a la movilidad de estos organismos, particularmente en sitios adyacentes a vegetación natural; esto debido a la riqueza vegetal que influye en la presencia de organismos con aspectos de hábitat de tipo generalista y especialista (*Bucher et al. 2019*). Por su parte *Puig-Montserrat et al. (2017)* y *Bosco et al. (2019)* señalan que la diversidad y cobertura vegetal, particularmente herbácea, fomenta la diversidad de artrópodos (arañas, mariposas y escarabajos) que representan el stock alimenticio para diferentes grupos tróficos (particularmente aves). Sin embargo, de acuerdo con *González-Hernández et al. (2015)*; *Souza et al. (2019)*; *Armijos (2020)* y *Duarte y López (2020)* la diversidad de insectos se determina por factores como la temperatura-precipitación, arreglo espacio-temporal, humedad relativa, temporalidad (precipitación) y época del año. De esta manera la distribución espacial de los insectos registrados en el presente estudio estuvo determinada por la hipótesis del enemigo natural quien plantea como los insectos se distribuyen de manera heterogénea en los diferentes estratos de la vegetación, mostrando niveles controlados en la proporción de organismos polípagos que dispone de diversas presas (plagas) en microhábitats de arreglo heterogéneo (*Russell, 1989*). Así mismo se corroboró la hipótesis de la concentración de recursos (diversidad-estabilidad) quien señala que las poblaciones de insectos pueden estar determinadas por la acumulación y distribución espacial del componente florístico, quien impide que organismos que pudieran tornarse plaga eviten desplazarse y generar daños evidentes a la vegetación (*Andow, 1991*).

Este estudio aporta información relevante sobre los sistemas agroforestales inmersos en bosque mesófilo de montaña, en relación a la incidencia de insectos y su distribución espacial en los diferentes estratos de vegetación; sin embargo, para proponer mejores prácticas de manejo agroforestal y de mejoramiento del hábitat, es necesario desarrollar estudios específicos que permitan visualizar el efecto que muestran estos agroecosistemas sobre los parámetros poblacionales de la entomofauna como recurso indicador de calidad ambiental, permitiendo la conservación de este y otros grupos taxonómicos para esta región particular de la comunidad de Atzalan, Xochiapulco, Puebla.

6.7. CONCLUSIONES

Se determinaron las principales actividades que realizan los órdenes de insectos sobre la vegetación en los planos vertical y horizontal; de igual forma, en la presente investigación queda patente que algunas de las variables analizadas (vegetación-hábitat) parecen tener un efecto marcado sobre la presencia de insectos en los agroecosistemas evaluados. De esta manera se concluye que la heterogeneidad en la estructura vegetal (en los planos vertical y horizontal) permite la coexistencia de estos organismos al proveer de nichos ecológicos diferenciales que fomentan el equilibrio y estabilidad en los ensamblajes entomológicos de esta zona particular de México; en sistemas de producción compatibles con el medio ambiente. Sin embargo, se recomienda incrementar la diversidad de estratos en base a los resultados obtenidos, para conservar la disposición de insectos y mantener en mayor equilibrio la dinámica poblacional e interacciones ecológicas positivas.

6.8. AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Humanidades Ciencia y Tecnología (CONAHCYT) por el financiamiento para el desarrollo de este proyecto. Al Doctorado en Agricultura Multifuncional para el Desarrollo Sostenible de la Universidad Autónoma Chapingo. A los productores de la comunidad de Atzalan por permitirnos desarrollar dicho trabajo en sus medios de producción. A Armando Romero Díaz y Nanci Itzel Romero Díaz por su apoyo en la realización de los trabajos de campo.

6.9. LITERATURA CITADA

Addinsoft, S.A.R.L. 2018. XLSTAT software, version 2018.5. Addinsoft, Paris, France.

<https://www.xlstat.com/en/training/xlstat-version-2018-5>

- Aguilar-Astudillo, E., C. Morales-Morales, R. Alonso-Bran, V. Aguilar-Castillo, y J. Espinosa-Moreno. 2021. Insectos asociados con plantaciones de café en el municipio de Simojovel, Chiapas, México. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research* 4(2): 2809-2819. <https://doi.org/10.34188/bjaerv4n2-101>
- Ajacopa, C., D. Cruz, y H. Huaycho. 2021. Caracterización morfológica y descripción botánica de poblaciones de tolares (*Parastrephia sp*, *Baccharis sp*, *Fabiana sp* y *Clinopodium sp*) en las comunidades del municipio de Patacamaya del Altiplano Central del departamento de La Paz. *Apthapi* 7(1): 2160-2168.
- Andow, D.A. 1991. Vegetational diversity and arthropod population response. *Annual Review of Entomology* 36(1): 561–586.
- Armijos, V., L. García, J. Castro, y M. Martínez. 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>
- Ayala, M., M. Cuevas, y E. Montes. 2018. Traditional knowledge of distracting plants for harmful fauna in corn crops of Santa Catarina, Tepoztlán, Morelos. *Revista de Geografía Agrícola* 60(1): 67-79. <https://doi.org/10.5154/r.ga.2018.60.002>
- Barbera, N., L. Hilje, P. Hanson, J. Longino, M. Carballo, y E. De Melo. 2002. *Diversidad de hormigas en sistemas agroforestales de café contrastantes, en Turrialba, Costa Rica. Agroforestería en las Américas* 9(35-36): 75-80.
- Basset, Y., y G.P.A. Lamarre. 2019. Toward a world that values insects. *Science* 364(6447): 1230-1231. <https://doi.org/10.1126/science.aaw7071>
- Bentrop, G., J. Hopwood, N. Adamson, y M. Vaughan. 2019. Temperate Agroforestry Systems and Insect Pollinators: A Review. *Forests* 10(11): 981. <https://doi.org/10.3390/f10110981>
- Borror, D.J., C.A. Triplehorn, y N.F. Johnson. 1989. *An introduction to the study of insects*, 6th ed. Saunders College Publishing, New York, USA.
- Bosco, L., R. Arlettaz, y A. Jacot. 2019. Ground greening in vineyards promotes the Woodlark *Lullula arborea* and their invertebrate prey. *Journal of Ornithology* 160(1): 799–811. <https://doi.org/10.1007/s10336-019-01666-7>

- Bucher, R., H. Nickel, S. Kaib, M. Will, J. Carchi, y N. Farwig. 2019. Birds and plants as indicators of arthropod species richness in temperate farmland. *Ecological Indicators* 103(1): 272-279.
- Caprio, E., B. Nervo, M. Isaia, G. Allegro, y A. Rolando. 2015. Organic versus conventional systems in viticulture: Comparative effects on spiders and carabids in vineyards and adjacent forests. *Agricultural Systems* 136(1): 61–69.
- Cardoso, P., P. Barton, K. Birkhofer, F. Chichorro, C. Deacon, T. Fartmann, et al., 2020. Scientists' warning to humanity on insect extinctions. *Biological Conservation* 242(1): 108426. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108426>
- Contreras, L. 2021. La milpa maya lacandona, seguridad alimentaria y educación. *Mirada antropológica* 16(21): 129-148.
- Duarte, S., y A. López. 2020. Diversidad de insectos asociados a siete cultivos en el sistema de cultivo organopónico “1ro de julio” de La Habana. *Revista Científica Agroecosistemas* 8(2): 58-65.
- Fernández-Azuara, G., L. Barrientos-Lozano, A. Zaldívar-Riverón, A. Correa-Sandoval, S. Niño-Maldonado, y P. Almaguer-Sierra. 2018. Diversidad de Tettigoniidae (Orthoptera: Ensifera) en la Huasteca de Hidalgo, México. *Acta Zoológica Mexicana* 34(1): 1–12. <https://doi.org/10.21829/azm.2018.3412136>
- Figuerola-Sandoval, B., S. Ugalde-Lezama, F. Pineda-Pérez, G. Ramírez-Valverde, K. Figuerola-Rodríguez, y L.A. Tarango-Arámbula. 2018. Producción de la hormiga escamolera (*Liometopum apiculatum* Mayr 1870) y su hábitat en el Altiplano Potosino-Zacatecano, México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo* 15(2): 235-245.
- Fletcher Jr., R.J., R.K. Didham, C. Banks-Leite, J. Barlow, R.M. Ewers, J. Rosindell, et al., 2018. Is habitat fragmentation good for biodiversity? *Biological Conservation* 226(1): 9–15. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.07.022>.
- Forbes, A., R. Bagley, M. Beer, A. Hippee, y H. Widmayer. 2018. Quantifying the unquantifiable: why Hymenoptera, not Coleoptera, is the most speciose animal order. *BMC Ecology* 18(1): 21. <https://doi.org/10.1186/s12898-018-0176-x>
- Giovanetti, M., S. Albertazzi, S. Flaminio, N. Ranalli, L. Bortolotti, y M. Quaranta. 2021. Pollination in Agroecosystems: A Review of the Conceptual Framework with a

- View to Sound Monitoring. Land 10(5): 540-559.
<https://doi.org/10.3390/land10050540>
- González-Hernández, A., J. Navarrete-Heredia, G. Quiroz-Rocha, y C. Deloya. 2015. Coleópteros necrócolos (Scarabaeidae: Scarabaeinae, Silphidae y Trogidae) del Bosque Los Colomos, Guadalajara, Jalisco, México. Revista Mexicana de Biodiversidad 86(1): 764-770. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rmb.2015.07.006>
- Guzmán-Mendoza, R., J. Calzontzi-Marín, M. Salas-Araiza, y M. Martínez-Yáñez. 2016. La riqueza biológica de los insectos: análisis de su importancia multidimensional. Acta Zoológica Mexicana 32(3): 370-379.
- Habel, J.C., R. Trusch, T. Schmitt, M. Ochse, y W. Ulrich. 2019. Long-term large-scale decline in relative abundances of butterfly and burnet moth species across southwestern Germany. Scientific Reports Metrics 9(1): 14921.
<https://doi.org/10.1038/s41598-019-51424-1>.
- Hernández-Juárez, A., L. Tarango-Arámbula, G. Espinosa-Reyes, C. Cortez-Romero, S. Ugalde-Lezama, y G. Olmos-Oropeza. 2021. Características del hábitat de la rata nopalera (*Neotoma leucodon*) del Altiplano Potosino-Zacatecano. Abanico Veterinario 11(1): 1-16. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2021.33>
- Hidalgo, J., y Á. Acevedo. 2012. Efectos de la biodiversidad en el control biológico dentro de los agroecosistemas. Inventum 13(1): 30-35.
<https://doi.org/10.26620/uniminuto.inventum.7.13.2012.30-35>
- Klein, A.M., I. Steffan-Dewenter, D. Buchori, y T. Tschardt. 2002. Effects of Land-Use Intensity in Tropical Agroforestry Systems on Coffee Flower-Visiting and Trap-Nesting Bees and Wasps. Conservation Biology 16(4): 1003-1014.
<https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2002.00499.x>
- Kremen, C. 2015. Reframing the land-sparing/landsharing debate for biodiversity conservation. Annals of the New York Academy of Sciences 1355(1): 52-76.
<https://doi.org/10.1111/nyas.12845>
- Kremen, C., L.K. MoGonigle, y L.C. Ponisio. 2018. Pollinator community assembly tracks changes in floral resources as restored hedgerows mature in agricultural landscapes. Frontiers in Ecology and Evolution 6(70): 1-10.
<https://doi.org/10.3389/fevo.2018.00170>

- Ku-Ruiz, C., y P. Sosenski. 2021. El calor de las flores: plantas termogénicas y sus polinizadores. Cuadernos de Biodiversidad 61(1): 22-27. <https://doi.org/10.14198/cdbio.2021.61.03>
- León-Burgos, A., J. Murillo-Pacheco, D. Bautista-Zamora, y J. Quinto. 2019. Insectos benéficos asociados a plantas arvenses atrayentes en agroecosistemas del Piedemonte de la Orinoquia Colombiana. Cuadernos de Biodiversidad 56(1): 1-14.
- Leyva-Trinidad, D., A. Pérez-Vázquez, I. Bezerra da Costa, y R. Formighieri. 2020. el papel de la milpa en la seguridad alimentaria y nutricional en hogares de Ocotlán Texizapan, Veracruz, México. Polibotánica 50(1): 279-299. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.50.16>
- Lokeshwari, R.K., y T. Shantibala. 2010. A review on the fascinating world of insect resources: reason for thoughts. Psyche: A Journal of Entomology 207570(1): 1-11. <https://doi.org/10.1155/2010/207570>.
- Mazón, M., D. Sánchez-Angarita, D. Díaz, N. Gutiérrez, y R. Jaimez. 2018. Entomofauna Associated with Agroforestry Systems of Timber Species and Cacao in the Southern Region of the Maracaibo Lake Basin (Mérida, Venezuela). Insects 9(46): 1-15. <https://doi.org/10.3390/insects9020046>
- Mijares, F.J., N. Pérez-Buitrago, y N. Pérez-Cárdenas. 2019. Variación estacional de la composición florística en sabanas inundables en Arauca, Colombia. Caldasia 41(2): 404-421.
- Muhammad, F.N., A. Rizali, y B.T. Rahardjo. 2022. Diversity and species composition of ants at coffee agroforestry systems in East Java, Indonesia: Effect of habitat condition and landscape composition. Biodiversitas Journal of Biological Diversity 23(7): 3318-3326.
- Münsch, T., F. Helbing, y T. Fartmann. 2019. Habitat quality determines patch occupancy of two specialist Lepidoptera species in well-connected grasslands. Journal of Insect Conservation 23(1): 247–258. <https://doi.org/10.1007/s10841-018-0109-1>.
- Nagai, M., Y. Higuchi, Y. Ishikawa, W. Guo, T. Fukatsu, Y. Baba, y M. Takada. 2022. Periodically taken photographs reveal the effect of pollinator insects on seed set in

- lotus flowers. Scientific Reports 12(1): 11051. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-15090-0>
- Novais, S., L. Macedo-Reis, W. DaRocha, y F. Neves. 2016. Effects of habitat management on different feeding guilds of herbivorous insects in cacao agroforestry systems. Revista de Biología Tropical 64(2): 763-777. <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v64i2.19100>.
- Ortega-Rivera, K., N. Flores-Hernández, H. Zarza, y C. Chávez. 2019. Caracterización del estado fitosanitario de *Quercus obtusata* Bonpl., en bosque mesófilo de montaña, Xicotepec, Puebla. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 10(53): 64-85. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i53.480>
- Palma-López, D.J., E.A. Castillo-Arias, y D.J. Palma-Cancino. 2022. ¿Podemos aprovechar nuestros patios para generar comida, plantas medicinales y dinero?. Revista de Divulgación Multidisciplinaria del Centro Universitario de la Costa 1(2): 28-34.
- Pech, C., L. Castillo, J. Canul, E. López, N. RuZ, y M. Campos-Navarrete. 2022. Efectos del manejo productivo de un sistema agroforestal en la diversidad de parasitoides asociados (Hymenoptera: Braconidae) en Yucatán, México. Biotecnia XXIV(2): 155-161. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v24i2.1654>
- Pérez-García, O., T. Benjamin, y D. Tobar. 2017. Los agroecosistemas cafetaleros modernos y su relación con la conservación de mariposas en paisajes fragmentados. Revista de Biología Tropical 66(1): 394-402. <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v66i1.29013>
- Pino, M., J. Ramos-Elorduy, y E. Costa-Neto. 2006. Los insectos comestibles comercializados en los mercados de Cuautitlán de Romero Rubio, Estado de México, México. Sitientibus Série Ciências Biológicas 6(1): 58-64.
- Poniatowski, D., G. Stuhldreher, F. Löffler, y T. Fartmann. 2018. Patch occupancy of grassland specialists: habitat quality matters more than habitat connectivity. Biological Conservation 225(1): 237-244. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.07.018>.
- Puig-Montserrat, X., C. Stefanescu, I. Torre, J. Palet, E. Fàbregas, J. Dantart, A. Arrizabalaga, y C. Flaquer. 2017. Effects of organic and conventional crop

- management on vineyard biodiversity. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 243(1): 19–26. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2017.04.005>
- Ramírez-Méndez, V., R. González-Villegas, y M. Nájera-Rincón. 2019. Distribución y diversidad de chapulines (Orthoptera: Acridoidea) en agroecosistemas de maíz de la cuenca del lago de Pátzcuaro. *Entomología mexicana* 6(1): 156–162.
- Régnier, C., G. Achaz, A. Lambert, R.H. Cowie, P. Bouchet, y B. Fontaine. 2015. Mass extinction in poorly known taxa. *PNAS* 112(1): 7761–7766. <https://doi.org/10.1073/pnas.1502350112>.
- Rojas-Rodríguez, J., M.R. Rossetti, y M. Videla. 2019. Importancia de las flores en bordes de vegetación espontánea para la comunidad de insectos en huertas agroecológicas de Córdoba, Argentina. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo* 51(1): 249-259.
- Russell, E.P. 1989. Enemies hypothesis: a review of the effect of vegetational diversity on predatory insects and parasitoids. *Environmental Entomology* 18(4): 590–599.
- Rzedowski J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa, México, D.F.
- Rzedowski, J. y G. Calderón-de Rzedowski. 2013. Datos para la apreciación de la flora fanerogámica del bosque tropical caducifolio de México. *Acta Botánica Mexicana* 102(1): 1–23. <https://doi.org/10.21829/abm102.2013.229>
- Sánchez-Flores, P., L. Alvariano, y J. Iannaccone. 2019. Diversity of terrestrial insects in four vegetable communities of the regional conservation area (acr) Ventanilla wetland, Callao, Peru. *The Biologist (Lima)* 17(1): 73-94.
- Serafín-Higuera, E.L., A. Antonio-Bautista, y A. Benavides-Mendoza. 2022. Morfología de *Dasyllirion cedrosanum* y su correlación con imágenes en localidades del Sureste de Coahuila. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 9(1): e3198. <https://doi.org/10.19136/era.a9n1.3198>
- Shapira, I., E. Gavish-Regev, R. Sharon, A. Harari, M. Kishinevsky, y T. Keasar. 2018. Habitat use by crop pests and natural enemies in a Mediterranean vineyard agroecosystem. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 267(1): 109-118. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.08.012>

- Soca-Flores, M., C. Vergara, Y. Callohuari, y A. Chávez. 2022. Insectos fitófagos asociados al cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en invierno y sus controladores biológicos. *Manglar* 19(2): 143-151.
- Souza, B., L. Vázquez, y R. Marucci. 2019. *Natural Enemies of Insect Pests in Neotropical Agroecosystems*. Research Entomologist, USDA ARS, Oregon, USA. 539 p.
- Stork, N.E. 2018. How many species of insects and other terrestrial arthropods are there on Earth?. *Annual Review of Entomology* 63(1): 31–45. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento020117-043348>.
- Stuhldreher, G., y T. Fartmann. 2014. When habitat management can be a bad thing: effects of habitat quality, isolation and climate on a declining grassland butterfly. *Journal of Insect Conservation* 18(1): 965–979. <https://doi.org/10.1007/s10841-014-9704-y>.
- Toledo-Hernández, M., T.C. Wanger, y T. Tscharntke. 2017. Neglected pollinators: Can enhanced pollination services improve cocoa yields? A review. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 247(1): 137-148. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.05.021>
- Uyttenbroeck, R., J. Piqueray, S. Hatt, G. Mahy, y A. Monty. 2017. Increasing plant functional diversity is not the key for supporting pollinators in wildflower strips. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 249(1): 144–155.
- Vandromme, M., H. Trekels, N. Sepúlveda Ruiz, E. Somarriba, y B. Vanschoenwinkel. 2019. Exploring the suitability of bromeliads as aquatic breeding habitats for cacao pollinators. *Hydrobiologia* 828(1): 327–337. <https://doi.org/10.1007/s10750-018-3822-6>
- Zegada, H.L.J., I. Lafuente Cartagena, K. Naoki, y L. Armengot. 2020. Variación en la composición de visitantes florales de cacao (*Theobroma cacao*) entre cinco sistemas de producción en Sara Ana, Alto Beni, Bolivia. *Ecología en Bolivia* 55(3): 145-159.

Anexo 2. Lista de especies florísticas donde se registraron los insectos evaluados.

Número	Especie	ID	Familia	Estrato vegetal		
				Herbácea	Arbóreo	Arbustiva
1	<i>Allium sativum</i>	AllSat	Amaryllidaceae	1	0	0
2	<i>Aloe vera</i>	AloVer	Asphodelaceae	1	0	0
3	<i>Amaranthus cruentus</i>	AmaCru	Amaranthaceae	1	0	0
4	<i>Anacetum parthenium</i>	AnaPar	Asteraceae	1	0	0
5	<i>Annona cherimola</i>	AnnChe	Annonaceae	0	1	0
6	<i>Artemisia absinthium</i>	ArtAbs	Asteraceae	1	0	0
7	<i>Artemisia ludoviciana</i>	ArtLud	Asteraceae	1	0	0
8	<i>Baccharis conferta</i>	BacCon	Asteraceae	0	0	1
9	<i>Begonia fusca</i>	BegFus	Begoniaceae	1	0	0
10	<i>Bougainvillea × buttiana</i>	BouBut	Nyctaginaceae	0	0	1
11	<i>Brugmansia × candida</i>	BruCan	Solanaceae	0	0	1
12	<i>Camellia japonica</i>	CamJap	Theaceae	0	0	1
13	<i>Canna indica</i>	CanInd	Cannaceae	1	0	0
14	<i>Capsicum annuum</i>	CapAnn	Solanaceae	1	0	0
15	<i>Capsicum pubescens</i>	CapPub	Solanaceae	1	0	1
16	<i>Carica papaya</i>	CarPap	Caricaceae	1	0	0
17	<i>Casimiroa edulis</i>	CasEdu	Rutaceae	0	1	0
18	<i>Cassia corymbosa</i>	CasCor	Caesalpiniaceae	0	0	1
19	<i>Cenchrus purpureus</i>	CenPur	Poaceae	1	0	0
20	<i>Chamaedorea oblongata</i>	ChaObl	Arecaceae	1	0	0
21	<i>Chamaemelum nobile</i>	ChaNob	Asteraceae	1	0	0
22	<i>Chenopodium album</i>	CheAlb	Chenopodiaceae	1	0	0
23	<i>Chenopodium ambrosioides</i>	CheAmb	Amaranthaceae	1	0	0
24	<i>Citrus × aurantiifolia</i>	CitAur	Rutaceae	0	1	0
25	<i>Citrus × aurantium</i>	CitAur	Rutaceae	0	1	0
26	<i>Citrus × limon</i>	CitLim	Rutaceae	0	1	0
27	<i>Citrus sp.</i>	CitSp.	Rutaceae	0	1	0
28	<i>Coffea arabica</i>	CofAra	Rubiaceae	0	0	1
29	<i>Coriandrum sativum</i>	CorSat	Apiaceae	1	0	0
30	<i>Cucurbita argyrosperma</i>	CucArg	Cucurbitaceae	1	0	0
31	<i>Cucurbita ficifolia</i>	CucFic	Cucurbitaceae	1	0	0
32	<i>Cuphea ferrisiae</i>	CupFer	Lythraceae	1	0	0
33	<i>Cupressus macrocarpa</i>	CupMac	Cupressaceae	0	1	0
34	<i>Cuscuta sp.</i>	CusSp.	Convolvulaceae	1	0	0
35	<i>Cymbopogon citratus</i>	CymCit	Poaceae	1	0	0
36	<i>Dianthus caryophyllus</i>	DiaCar	Caryophyllaceae	1	0	0
37	<i>Dysphania ambrosioides</i>	DysAmb	Amaranthaceae	1	0	0
38	<i>Eriobotrya japonica</i>	EriJap	Rosaceae	0	1	0
39	<i>Erythrina americana</i>	EryAme	Fabaceae	0	1	0
40	<i>Euphorbia milii</i>	EupMil	Euphorbiaceae	1	0	0
41	<i>Euphorbia pulcherrima</i>	EupPul	Euphorbiaceae	0	0	1
42	<i>Ficus carica</i>	FicCar	Moraceae	0	1	0
43	<i>Foeniculum vulgare</i>	FoeVul	Apiaceae	1	0	0
44	<i>Fragaria sp.</i>	FraSp.	Rosaceae	1	0	0
45	<i>Gardenia jasminoides</i>	GarJas	Rubiaceae	0	0	1
46	<i>Gladiolus dalenii × oppositiflorus</i>	GlaOpp	Iridaceae	1	0	0

47	<i>Helianthus sp.</i>	HelSp.	Asteraceae	1	0	0
48	<i>Heterotheca inuloides</i>	HetInu	Asteraceae	1	0	0
49	<i>Hibiscus sp.</i>	HibSp.	Malvaceae	0	0	1
50	<i>Hydrangea macrophylla</i>	HydMac	Hydrangeaceae	0	0	1
51	<i>Juglans regia</i>	JugReg	Juglandaceae	0	1	0
52	<i>Juglans sp.</i>	JugSp.	Juglandaceae	0	1	0
53	<i>Justicia spicigera</i>	JusSpi	Acanthaceae	0	0	1
54	<i>Leucanthemum vulgare</i>	LeuVul	Asteraceae	1	0	0
55	<i>Ligustrum lucidum</i>	LigLuc	Oleaceae	0	0	1
56	<i>Loeselia mexicana</i>	LoeMex	Polemoniaceae	1	0	1
57	<i>Malus domestica</i>	MalDom	Rosaceae	0	1	0
58	<i>Malva sylvestris</i>	MalSyl	Malvaceae	1	0	0
59	<i>Mangifera indica</i>	ManInd	Anacardiaceae	0	1	0
60	<i>Melissa officinalis</i>	MelOff	Lamiaceae	1	0	0
61	<i>Mentha spicata</i>	MenSpi	Lamiaceae	1	0	0
62	<i>Musa × paradisiaca</i>	MusPar	Musaceae	1	1	0
63	<i>Ocimum basilicum</i>	OciBas	Lamiaceae	1	0	0
64	<i>Oenothera rosea</i>	OenRos	Onagraceae	1	0	0
65	<i>Opuntia ficus-indica</i>	OpuFic	Cactaceae	0	1	1
66	<i>Origanum vulgare</i>	OriVul	Lamiaceae	1	0	0
67	<i>Passiflora edulis</i>	PasEdu	Passifloraceae	1	0	0
68	<i>Passiflora ligularis</i>	PasLig	Passifloraceae	1	0	0
69	<i>Persea americana</i>	PerAme	Lauraceae	0	1	0
70	<i>Phaseolus vulgaris</i>	PhaVul	Fabaceae	1	0	0
71	<i>Phyllostachys aurea</i>	PhyAur	Poaceae	1	0	0
72	<i>Pimenta dioica</i>	PimDio	Myrtaceae	0	1	0
73	<i>Piper auritum</i>	PipAur	Piperaceae	1	0	0
74	<i>Pisum sativum</i>	PisSat	Fabaceae	1	0	0
75	<i>Prunus persica</i>	PruPer	Rosaceae	0	1	0
76	<i>Prunus serotina</i>	PruSer	Rosaceae	0	1	0
77	<i>Psidium guajava</i>	PsiGua	Myrtaceae	0	1	0
78	<i>Pyrus communis</i>	PyrCom	Rosaceae	0	1	0
79	<i>Rhododendron Simsii</i>	RhoSim	Ericaceae	0	0	1
80	<i>Rosa canina</i>	RosCan	Rosaceae	1	0	0
81	<i>Rumex crispus</i>	RumCri	Polygonaceae	1	0	0
82	<i>Ruta graveolens</i>	RutGra	Rudaceae	1	0	0
83	<i>Salvia microphylla</i>	SalMic	Lamiaceae	1	0	0
84	<i>Salvia rosmarinus</i>	SalRos	Lamiaceae	1	0	1
85	<i>Sambucus sp.</i>	SamSp.	Viburnaceae	0	0	1
86	<i>Scutellaria sp.</i>	ScuSp.	Lamiaceae	1	0	0
87	<i>Sicyos edulis</i>	SicEdu	Cucurbitaceae	1	0	0
88	<i>Sobralia sp.</i>	SobSp.	Orchidaceae	1	0	0
89	<i>Solanum lycopersicum</i>	SolLyc	Solanaceae	1	0	0
90	<i>Tagetes tenuifolia</i>	TagTen	Asteraceae	1	0	0
91	<i>Thymus vulgaris</i>	ThyVul	Lamiaceae	1	0	0
92	<i>Tradescantia zebrina</i>	TraZeb	Commelinaceae	1	0	0
93	<i>Xanthosoma sp.</i>	XanSp.	Araceae	1	0	0
94	<i>Yucca aloifolia</i>	YucAlo	Asparagaceae	0	0	1
95	<i>Zantedeschia aethiopica</i>	ZanAet	Araceae	1	0	0
96	<i>Zea mays</i>	ZeaMay	Poaceae	1	0	0

7. CONCLUSIONES GENERALES

Se logró determinar el papel de los sistemas agroforestales (SAF) sobre la diversidad entomológica y su importancia socioambiental en Atzalan, Xochiapulco, Puebla. En base al análisis bibliométrico se identificó que a nivel nacional los insectos representan aspectos de importancia social, económica y ambiental. Dicho recurso es un camino hacia la seguridad alimentaria, el cuidado del medio ambiente y una alternativa de diversificación productiva. Son pocos los trabajos científicos relacionados al tema de insectos comestibles dirigidos al consumo humano. Se visualizan áreas de oportunidad para la comunidad científica, los cuales pudieran abordar este tema de investigación como una estrategia que coadyuve a la seguridad alimentaria. Las unidades de producción analizadas emplean una variedad de plantas y animales de uso múltiple que les permiten cubrir sus necesidades y determinar su identidad cultural. Sin embargo, resulta importante reflexionar sobre la manera de uso y conservación de los recursos, asimismo es importante motivar a los jóvenes a mantener el saber cultural de las unidades de producción. Las familias podrían convertirse en actores de desarrollo socioeconómico, desarrollando prácticas de manejo que mantenga y mejore sus medios de producción, utilizando especies de valor comercial que contribuya a la generación de empleos. Por su parte la heterogeneidad de la composición florística al interior de los sistemas agroforestales evaluados coadyuva con la incidencia de insectos al proveer diferentes nichos de alimentación. Los sistemas agroforestales representan una opción para coadyuvar a conservar un valor alto de diversidad de insectos que cumplan diferentes papeles ecológicos y mantengan la estabilidad ambiental al interior de estos medios de producción. Se recomienda ampliar la diversidad de estratos y sustratos en base a los resultados obtenidos, para conservar la disposición de insectos y mantener en mayor equilibrio la dinámica poblacional e interacciones ecológicas positivas.