BENEMÉRITA UNIVERSIDAD

AUTÓNOMA DE PUEBLA

ESCUELA DE BIOLOGÍA

DIVERSIDAD DE ARTRÓPODOS ASOCIADOS AL AGROECOSISTEMA VAINILLA (*Vanilla* sp), EN EL "TOTONACAPAN"

TESIS

Presentada para obtener el título de

LICENCIATURA EN BIÓLOGIA

PRESENTA:

DAVID ESTÉVEZ HERNÁNDEZ

DIRECTOR:

DR. MANUEL HUERTA LARA

PUEBLA, PUE. JUNIO 2015.

DEDICATORIA

- **A IPALNEMOHUANI, GRAN DADOR DE LA VIDA, AQUEL POR QUIEN SE VIVE**
- **A LOS CORAZONES DE: MIS PADRES Y HERMANOS**
- **ISSA**
- **ALETHIA Y D' LOS SU MADRE**
- **SOBRINOS Y AHIJADOS ALEXIS, ASTRID Y ANDRES**
- **TIA LEO "LA NEGRA", TENAZ Y GRAN GUERRERA DE LA LUZ, GUIA Y EJEMPLO**
- **TODOS MIS GUÍAS Y ANCESTROS**
- **TODOS QUIENES DIRECTA O INDIRECTAMENTE COLABORARON CON LA REALIZACION DE LA PRESENTE**
- **A LA DANZA Y MOVIMIENTO GENERADOR DE LA VIDA Y EL UNIVERSO**
- **A LA FAMILIA**

AGRADECIMIENTOS

- **AL HUEY TLOQUE NAHUAQUE AQUEL QUE NOS MANTIENE CERCA Y JUNTO**
- **A MI SEÑOR QUETZALCOATL GUÍA Y GUARDIAN DE MIS PASOS**
- **A MIS PADRES**
- **A ISSA Y ALETHIA CAUSAS DE MI EXISTIR**
- **A D´LOS Y FAMILIA**
- **AL DR. MANUEL HUERTA LARA POR SU GUÍA, APOYO, CONFIANZA Y PACIENCIA**
- **AL DR. DELFINO REYES LÓPEZ Y A LA RED VAINILLA POR LA COLABORACION Y FINANCIAMIENTO PARA LA REALIZACIÓN DEL PRESENTE**
- **AL DR. JOSE LINO ZUMAQUERO RIOS POR SU APOYO Y GUÍA DURANTE MIS ESTUDIOS**
- **AL M. EN C. GONZALO YAÑEZ GOMEZ POR SU APOYO Y GUÍA DURANTE MIS ESTUDIOS**
- **A DON ANGEL REYES REYES Y FAMILIA DEL BANCO DE GERMOPLASMA DE VAINILLA EN TENAMPULCO**
- **A DON ISMAEL JIMENEZ, MOISES JIMENEZ Y FAMILIA DE SAN RAFAEL**
- **A DON BEREMUNDO RODRIGUEZ Y FAMILIA DE 1° DE MAYO, PAPANTLA**
- **A TODOS QUIENES CONTRIBUYERON DIRECTA O INDIRECTAMENTE EN LA REALIZACION DEL PRESENTE**
- **A TONATZIN TLALLI COATLICUE NUESTRA MADRE TIERRA**
- **AL NOBLE ESPIRITU DE LA VAINILLA “XANATH”, “TLILXOCHITL” Y A LA VIDA QUE MORA Y HABITA LOS VAINILLALES**

INDICE

INDICE GENERAL i
INDICE DE CUADROS iii
INDICE DE FIGURAS v

RESUMEN vii

1. INTRODUCCION 1

2. ANTECEDENTES 5
2.1 El género *Vanilla* Plumier 5
2.2 Artrópodos asociados al agroecosistema vainilla 7

3. JUSTIFICACION 11

4. HIPOTESIS 12

5. OBJETIVOS 12
5.1 Objetivo general 12
5.2 Objetivos particulares 13

6. MATERIAL Y METODOS 13
6.1 Localización del área de estudio 13
6.2 Trabajo en campo 15
6.2.1 Identificación del agroecosistema 15
6.2.2 Diversidad de la comunidad de artrópodos 16
6.3 Laboratorio 16
6.4 Análisis de datos 17
6.4.1. Atributos de las comunidades 17
6.4.1.1 Abundancia 17
6.4.1.2 Riqueza específica (S) 18
6.4.1.2.1 Margalef 18
6.4.1.2.2 Estimación de la riqueza y eficiencia de la colecta 18
6.4.1.2.2.1 Clench 19
6.4.1.2.2.2 Chao 1 19
6.4.1.2.2.3 Jackknife 1 20
6.4.1.3 Diversidad Alfa (α) 20
6.4.1.3.1 Equidad 20
6.4.1.3.1 .1 Shannon-Wiener (H') 20
6.4.1.3.1.2 Equitabilidad de Shannon (J) 21
6.4.1.3.2 Dominancia 22
6.4.1.3.2.1 Simpson (D) 22
6.4.1.3.2.2 Complemento (Diversidad) de Simpson (1-D) 22
6.4.1.3.2.3 Reciproco de Simpson (1/D) 23
6.4.1.4 Diversidad Beta 23
6.4.1.4.1 Similitud 23
6.4.1.4.1.1 Coeficiente de similitud de Jaccard 23
6.4.1.4.1.2 Complementariedad 24

7. RESULTADOS 25
7.1 Identificación del agroecosistema vainilla en el Totonacapan 25
7.2 Atributos de las comunidades 25
7.2.1 Composición taxonómica de artrópodos 25
7.2.2 Estructura trófica y asociación 29
7.2.3 Abundancia 32
7.2.4 Riqueza especifica (S) 41
7.2.4.1 Margalef 43
7.2.4.2 Eficiencia del muestreo y estimación de la Riqueza (S) 44
7.2.5 Diversidad Alfa (α) 48
7.2.5.1 Equidad 49
7.2.5.1.1 Shannon-Wiener (H') 49
7.2.5.1.2 Equitabilidad de Shannon (J) 50
7.2.5.2 Dominancia 51
7.2.5.2.1 Simpson (D) 51
7.2.5.2.2 Complemento (Diversidad) de Simpson (1-D) 52
7.2.5.2.3 Reciproco de Simpson (1/D) 54
7.2.6 Diversidad Beta 55
7.2.6.1 Similitud 55
7.2.6.2 Complementariedad 55

8. DISCUSION 56
8.1 Identificación del agroecosistema 56
8.2 Atributos de la comunidad de artrópodos 57
8.2.1 Riqueza (S) y abundancia 57
8.2.2 Composición taxonómica y estructura trófica 58
8.2.3 Diversidad alfa y beta 65

9. CONCLUSIONES 66

10. LITERATURA CITADA 68

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1.- Identificación de los agroecosistemas de vainilla (*Vanilla* sp). en la región del Totonacapan. 2012. 25

Cuadro 2.- Listado taxonómico de artrópodos asociados al agroecosistema vainilla en el Totonacapan, en las parcelas. 2012. 26

Cuadro 3.- Grupos funcionales y asociación de artrópodos por parcela de estudio en el Totonacapan. 2012. 30

Cuadro 4.- Grupos funcionales: total de órdenes, familias, géneros y especies por grupo funcional de las parcelas en estudio en el Totonacapan. 2012. 31

Cuadro 5.- Índice de Margalef. Valores por parcela y en relación a los muestreos en el Totonacapan 2012. 43

Cuadro 6.- Eficiencia del muestreo en la parcela de Tenampulco expresado en % con base en estimadores paramétrico y no paramétricos. 45

Cuadro 7.- Eficiencia del muestreo en la parcela de 1º de Mayo expresado en % con base en estimadores paramétrico y no paramétricos. 46

Cuadro 8.- Eficiencia del muestreo en la parcela de San Rafael expresado en % con base en estimadores paramétrico y no paramétricos. 47

Cuadro 9.- Esfuerzo de muestreo captura calculado en horas de muestreo durante el estudio en el Totonacapan 2012. 47

Cuadro 10.- Índices de Diversidad de la comunidad de artrópodos por parcela de estudio en el Totonacapan 2012. 48

Cuadro 11.- Índice de Shannon-Wiener (H'). Valores por parcela y en relación a los muestreos en el Totonacapan 2012. 49

Cuadro 12.- Equitabilidad de Shannon-Wiener (J). Valores por parcela y en relación a los muestreos en el Totonacapan 2012. 50

Cuadro 13.- Índice de Simpson (D). Valores por parcela y en relación a los Muestreos en el Totonacapan 2012. 52

Cuadro 14.- Complemento (Diversidad) de Simpson (1-D). Valores por parcela

y en relación a los muestreos en el Totonacapan 2012. 53
Cuadro 15.- Reciproco de Simpson (1/D). Valores por parcela y en relación a los muestreos en el Totonacapan 2012. 54

Cuadro 16.- Similitud. Coeficiente de Jaccard. Valores entre parcelas en el agroecosistema vainilla en el Totonacapan 2012. 55

Cuadro 17.- Complementariedad. Coeficiente de disimilitud. Valores entre parcelas en el agroecosistema vainilla en el Totonacapan 2012 56

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Localización geográfica, ubicación y caracterización de la región del “Totonacapan” y de las parcelas en estudio. 14

Figura 2.- Total de familias, géneros y especies por Orden taxonómico de la comunidad de artrópodos asociados al agroecosistema vainilla. en el Totonacapan 2012. 29

Figura 3.- Total de especies y porcentaje de artrópodos colectados en las tres parcelas de estudio en el Totonacapan. 2012. 30

Figura 4.- Abundancia total de individuos y por parcela de estudio en el Totonacapan 2012. 32

Figura 5.- Abundancia total de individuos y de las 3 parcelas de estudio en relación a los meses de muestreo y la fenología del cultivo en el Totonacapan 2012. 33

Figura 6.- Distribución Rango-Abundancia de artrópodos en las 3 parcelas en el Totonacapan 2012. 34

Figura 7.- Abundancia total de individuos y contribución al porcentaje por Orden de artrópodos colectados en las tres parcelas en estudio en el Totonacapan 2012. 35

Figura 8.- Abundancia total (N) y relativa (%) del Orden Hymenoptera por especies en el agroecosistema vainilla en el Totonacapan 2012. 36

Figura 9.- Abundancia total (N) y relativa (%) del Orden Lepidoptera por especies en el agroecosistema vainilla en el Totonacapan 2012. 37

Figura 10.- Abundancia total (N) y relativa (%) del Orden Coleoptera por especies en el agroecosistema vainilla en el Totonacapan 2012. 38

Figura 11.- Abundancia total (N) y relativa (%) del Orden Hemiptera por especies en el agroecosistema vainilla en el Totonacapan 2012. 39

Figura 12.- Abundancia total (N) y relativa (%) de los órdenes Blattodea, Phasmatodea, Mantodea y Neuroptera por especies y familias en el agroecosistema vainilla en el Totonacapan 2012. 40

Figura 13.- Abundancia total (N) y relativa (%) de Orthoptera y Arachnida por especies en el agroecosistema vainilla en el Totonacapan 2012. 41

Figura 14.- Riqueza (S) total y por parcela en relación a los muestreos y la fenología del cultivo en el agroecosistema vainilla en el Totonacapan 2012. 42

Figura 15.- Riqueza (S) y abundancia total de especies de artrópodos por parcela en relación a los muestreos en el Totonacapan. 2012 42

Figura 16.- Riqueza (S). Índice de Margalef para las tres parcelas en relación a los muestreos y entre parcelas en el agroecosistema vainilla en el Totonacapan 2012. 44

Figura 17.- Curva de acumulación de especies de artrópodos colectados en la parcela de Caracoles, Tenampulco, Puebla con estimación de los modelos paramétrico y no paramétrico. 45

Figura 18.- Curva de acumulación de especies de artrópodos colectados en la parcela del Ejido 1º de Mayo, Papantla, Veracruz con estimación de los modelos paramétrico y no paramétrico. 46

Figura 19.- Curva de acumulación de especies de artrópodos colectados en la parcela de Calle Grande, San Rafael, Veracruz con estimación de los modelos paramétrico y no paramétrico. 47

Figura 20.- Equidad. Índice de Shannon-Wiener (ln) para las tres parcelas en relación a los muestreos y entre parcelas en el agroecosistema vainilla en el Totonacapan 2012. 49

Figura 21.- Equidad. Equitabilidad de Shannon-Wiener (J) para las tres parcelas en relación a los muestreos y entre parcelas en el agroecosistema vainilla en el Totonacapan 2012. 51

Figura 22.- Dominancia. Índice de Simpson (D) para las tres parcelas en relación a los muestreos y entre parcelas en el agroecosistema vainilla en el Totonacapan 2012. 52

Figura 23.- Dominancia. Complemento (Diversidad) de Simpson (1-D) para las tres parcelas en relación a los muestreos y entre parcelas en el agroecosistema vainilla en el Totonacapan 2012. 53

Figura 24- Dominancia. Reciproco de Simpson (1/D) para las tres parcelas en relación a los muestreos y entre parcelas en el agroecosistema vainilla en el Totonacapan 2012.

DIVERSIDAD DE ARTROPODOS ASOCIADOS AL AGROECOSISTEMA VAINILLA (*Vanilla* sp.) EN EL TOTONACAPAN.

RESUMEN

El agroecosistema vainilla en México es importante en los aspectos socioeconómico, ecológico, biológico, cultural e histórico; durante 2012 se identificó, estudió y comparó la identidad taxonómica de: especies cultivadas de *Vanilla* sp., tutores así como la estructura trófica, riqueza y diversidad alfa y beta de la comunidad de artrópodos incidentes en tres parcelas en la región del "Totonacapan"; una se ubicó en Caracoles, Tenampulco en Puebla, las otras dos en Veracruz, una en Calle Grande, San Rafael y la otra en el Ejido 1º de Mayo en Papantla; en un gradiente altitudinal de los 7 a los 220 msnm, cada una con distinto manejo y nivel de tecnificación, cultivándose en las tres, individuos de la especie *V. planifolia* reportándose además 3 variedades criollas (mansa, rayada y oreja de burro) en 1º de Mayo; así como 4 especies más del género (*V. pompona*, *V. odorata*, *V. insignis*, *V. inodora*) e híbridos (*V. planifolia* x *V. pompona*) en el banco de Germoplasma de Vainilla de la BUAP en Tenampulco. Se identificaron cuatro especies de tutor (*Erythrina* sp, *Erythrina americana*, *G. sepium* y *C.* x *aurantium*). Se colectaron un total de 3,052 artrópodos; 1,421 en 1° de Mayo, 988 en Tenampulco y 643 en San Rafael. la identificación, composición y riqueza especifica de artrópodos resultó en 114 especies, 84 a nivel de especie y 30 a género; 102 en Tenampulco, 102 en 1º de Mayo y 74 en San Rafael; 104 pertenecientes a la clase Hexápoda y 10 a la clase Aráchnida estos a su vez repartidos en 10 órdenes, 38 familias y 92 géneros; 66 especies fueron compartidas entre las tres parcelas (57.89%), los órdenes más representados por fueron Hymenóptera, Coleóptera Lepidóptera y Hemíptera; 87 especies determinadas en asociación a la vegetación (76.32%), 13 directamente a *Vanilla* sp (11.4%) y 14 al tutor (12.28%). La estructura trófica revelo 6 grupos funcionales de los cuales el más abundante fue el grupo de los fitófagos con 70 especies (61.39%); con 27 (23.68%) el de los depredadores, 12 (10.53%) el de los nectarívoros, 2 (1.75%) de los parasitoides, 1 (0.87%) como parásito y 2 (1.75%) polífagos. La curva de acumulación de especies y la predicción de la riqueza específica (S) indicaron

para Tenampulco una eficiencia del muestreo de 98% con respecto al modelo de Clench, 91.07% con Jackknife 1 y 89.47% con Chao 1; para 1º de Mayo el modelo de Clench mostró una eficiencia del 98%, Jackknife 1 del 91.37% y Chao 1 del 93.57%; para la parcela de San Rafael el modelo de Clench hizo una subestimación al predecir una riqueza de 59 especies siendo de 15 especies la diferencia; respecto a la riqueza observada, sin embargo; de los estimadores no paramétricos Jackknife 1 mostró una eficiencia del 93.37% y el estimador Chao 1 muestra una eficiencia del 90%; también se estimó el esfuerzo de captura total en horas por muestreo y por parcela de estudio resultando en un total de 432 horas en campo; 144 por cada parcela; 54 por cada muestreo y 18 por parcela en cada muestra. El índice de Margalef indica que la diversidad es mayor en Tenampulco, luego en 1° de Mayo y menor en San Rafael; resultando de la misma manera la equidad según el índice de Shannon-Wiener (H'); aunque la Equitabilidad (J) es alta y sin diferencias significativas entre las tres comunidades; por consiguiente la Dominancia de acuerdo con el índice de Simpson (D) es baja para las tres comunidades; la diversidad de Simpson (1-D) indica que esta es alta y sin diferencias entre las tres parcelas; por otro lado el reciproco de Simpson (1/D) como medida de diversidad indica que las características de la comunidad de artrópodos de la parcela de Tenampulco serían equivalentes a una comunidad hipotética con 46.1 individuos homogéneamente distribuidos de la misma manera para 1° de Mayo seria de 52.2 individuos y para San Rafael de 34.9 individuos respectivamente. Para la diversidad beta el valor obtenido del coeficiente de Jaccard en la comparación de la comunidad de artrópodos entre las tres parcelas indica que las faunas de artrópodos para el caso del ejido 1° de Mayo y Tenampulco son semejantes en un 83%, un 66% entre Tenampulco y San Rafael y un 60% entre 1º de Mayo y San Rafael, coeficiente de disimilitud muestra que entre las parcelas de 1º de Mayo y Tenampulco la comunidad de artrópodos es diferente en un 16%; entre Tenampulco y San Rafael un 33% y entre 1º de Mayo y San Rafael un 40%. La diversidad de artrópodos fue mayor en 1 de Mayo, debido a que tiene un manejo orgánico y por último San Rafael que tiene un manejo a base de agroquímicos.

Palabras clave: Agroecosistema, vainilla, *Vanilla*, Diversidad, Artrópodos.

1. Introducción

El agroecosistema vainilla en México es importante en los aspectos socioeconómico, ecológico, biológico, cultural e histórico; incluye al único grupo de orquídeas lianas trepadoras hemiepífitas con valor comercial aparte del ornamental; pertenecen al género pantropical *Vanilla* Plumier; reconocido como ancestral en la familia Orchidaceae y el más largo de la subfamilia Vanilloideae; considerado como un género taxonómicamente complejo, incluye alrededor de 110 especies; 15 se reconocen para México y América Central, siendo el Neotrópico el centro de mayor diversidad del género con 54 especies (Soto-Arenas, 1999, 2009; Soto-Arenas y Cameron, 2003; Bory, *et al*. 2008; Reyes-López *et al.* 2009; †Soto-Arenas y Cribb, 2010; †Soto-Arenas y Dressler, 2010; Cameron, 2011; Gigant *et al*. 2011).

De los frutos curados de algunas especies de este género se obtienen varios compuestos aromáticos de los cuales la vainillina (4-hydoxy-3-metoxibenzaldehido) es el principal responsable de su sabor y aroma, siendo ya reconocidos alrededor de 494 compuestos; por lo que es altamente demandada en las industrias alimenticia, farmacéutica, cosmética, confitera, tabacalera, entre otras (Toth *et al*. 2011); actualmente es la segunda especia mejor cotizada en el mercado mundial; siendo en orden de importancia, tres las especies comercialmente cultivadas: *V. planifolia*, *V.* x *tahitensis* y *V. pompona*. La mayor producción proviene de Madagascar, Indonesia, China, Papua Nueva Guinea, Turquía, Tonga, Uganda, Islas Comoras, Reunión, Cook, Seychelles, Polinesia Francesa, Filipinas, India, Malawi, Kenya, Zimbabue y en pequeñas cantidades de Costa Rica, Guadalupe, Puerto Rico y México; se han establecido agroecosistemas en Australia y otros países en Centro y Sudamérica donde también se reporta la recolección de frutos de individuos silvestres (Correll, 1953; Castillo y Engleman, 1993; Soto-Arenas, 1999, 2006; Bory *et al*. 2008, Lubinsky *et al*. 2008, 2011; Reyes-López *et al*. 2009; Gigant *et al*. 2011; FAOSTAT).

En México, lugar de origen de la especie cultivada en todo el mundo (*V. planfolia*), se produce principalmente en los estados de Veracruz (80%), Puebla

(10%), Oaxaca (5%), existiendo pequeñas plantaciones en Chiapas, Hidalgo, San Luís Potosí, Quintana Roo y Michoacán (5%); en 2013 contribuyó con 463 de las 8342 toneladas producidas mundialmente (FAOSTAT); la mayor producción proviene de la región conocida como "Totonacapan" donde, desde tiempos prehispánicos, se ha desarrollado la cultura Totonaca; Vela (2010) menciona que dicha región se conformó originalmente en torno a la ciudad prehispánica de El Tajín; luego en la época colonial y hasta el presente en torno a Papantla; actualmente abarca la parte norte de los estados de Veracruz y Puebla; en tiempos prehispánicos la vainilla fue considerada planta sagrada, medicinal, ritual, tributo y moneda; fue la primer orquídea ilustrada de Mesoamérica en el códice Badiano; el origen del nombre vainilla se atribuye a los españoles que llegaron a México y se debe a la forma de "pequeña vaina" del fruto; viajando así a los jardines botánicos europeos, siendo posteriormente introducida en otros países tropicales para su cultivo; la región del Totonacapan y especialmente Papantla, mantuvo el monopolio como productora y exportadora de vainilla a nivel mundial del siglo XVII hasta mediados del XIX; el cultivo, polinización y curado de los frutos se realiza meticulosa y artesanalmente, en su mayoría por maestros beneficiadores, indígenas habitantes de zonas de alta marginación; existiendo también una denominación de origen como "vainilla de Papantla" otorgada por el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial la cual protege a productores de 39 municipios de los estados de Puebla y Veracruz (Correll, 1953, Castillo y Engleman, 1993; Kouri, 2000; Damirón, 1994; Soto-Arenas, 1999, 2006; Sánchez *et al*. 2001; Gómez, 2008; Bory *et al*. 2008; Lubinsky *et al*. 2008, 2011; Reyes-López *et al*. 2008, 2009; Hernández-Hernández, 2011; INEGI; SNIM).

En el Totonacapan se reconocen cuatro sistemas de producción; cada uno con distintos niveles de tecnificación, uso de conocimiento tradicional en el manejo así como composición arbórea y herbácea; en: 1) bosques de acahual (semitecnificado o tradicional) con árboles tutores y de sombra de las especies *Erythrina americana*, *Gliricidia sepium*, *Bauhinia divaricata*, *Bursera simaruba*, *Eugenia capuli*, *Litsea glaucescens* entre otras, llegando a reportarse hasta más de 20 especies distintas; 2) bajo sombra de *Erytrhina sp*., *G. sepium* o

ambos en combinación (tecnificado o semitecnificado); 3) bajo naranjo (*Citrus* x *aurantium* L.) (semitecnificado o tecnificado) y 4) bajo malla sombra al 50% de luminosidad (tecnificado). También se reporta en asociación con otros cultivos tropicales como plátano, cítricos, café, chile, pimienta, guayaba, mamey entre otros, o en vegetación secundaria (acahuales) motivo por el cual, los vainillales son agroecosistemas donde los arboles de soporte y sombra así como la vegetación asociada proporcionan una serie de servicios ecosistémicos que contribuyen a mantener los ciclos biogeoquímicos, preservan el paisaje, la conectividad y representan un refugio para la biodiversidad local y regional, así como la capacidad de regeneración de la selva (Damirón, 1994; Sánchez *et al*. 2001; Soto-Arenas, 2006; Castro-Bobadilla y García-Franco, 2007; Arroyo-Rodríguez *et al*. 2008; Reyes-López *et al*. 2009; Barrera-Rodríguez *et al*. 2009; Hernández–Hernández, 2011, 2011a; García, 2013).

Los artrópodos asociados al agroecosistema son escasa y aisladamente conocidos; como en todo cultivo, algunos de estos son considerados benéficos (polinizadores, depredadores, parasitoides) y otros perjudiciales (plagas, vectores) representando estos últimos una limitante en la producción; para el agroecosistema vainilla en la región de Papantla, Veracruz, Pérez-Pérez (1990) identificó la dinámica poblacional de la plaga conocida como “chinche roja” (*Tenthecoris confusus*), no identificada correctamente hasta entonces; también identificó la entomofauna asociada al agroecosistema quien reporta 39 morfoespecies mencionando como más abundantes a los órdenes Coleoptera y Hemiptera. Arcos *et al*. (1991) igualmente estudiaron la dinámica poblacional de *T. confusus* en la misma región posteriormente Damirón (1994), en su manual técnico, menciona como principal plaga del cultivo al “piojo colorado”, *Euricipitis vestitus* (Hemiptera), también como ocasionales plagas a larvas de Lepidóptera, el “piojo lanudo” *Eriosoma* sp. y la “escama ostión” *Lepidisaphes gloverii* (Hemiptera). Posteriormente, Hernández-Hernández (2008, 2011, 2011a) reporta nuevamente como principal plaga de la vainilla en México a la “chinche roja” (*T. confusus*) y en menor grado a *Plusia aurífera* (Lepidoptera).

En relación a los polinizadores diversos autores mencionan especies de las subfamilias Meliponinae, Euglossinae y Xylocopidae; sin embargo se considera que aún debe de profundizarse en el conocimiento de la identidad de estos, así como de su interacción con *Vanilla* (Correll, 1954; Bory, 2008; Roubik y Ackerman, 1987; Soto-Arenas, 1999, 2006, 2009; Lubinsky *et* al. 2006, Householder, 2007; Bory, *et* al. 2008; Gigant *et* al. 2011). Tambien Soto-Arenas (2006) menciona la necesidad de desarrollar técnicas de cultivo adecuadas a la historia de vida de estas orquídeas, que consideren los aspectos básicos de su biología e historia natural teniendo en cuenta las principales interacciones así como el hábito de crecimiento, hospederos, micorrizas, polinizadores, etc.

Desde el contexto de la agroecología y la sostenibilidad; diversos autores mencionan que los agroecosistemas son dinámicos y derivado de estar sujetos a diferente tipo de manejo; los arreglos de cultivos en tiempo y espacio cambian continuamente de acuerdo a factores biológicos, socioeconómicos, culturales y ambientales, tal dinamismo determinara el grado de homogeneidad o heterogeneidad en el paisaje característico a cada agroecosistema, lo que a su vez condicionará el tipo de biodiversidad presente; la cual puede o no beneficiar la protección así como la productividad de los mismos; enfatizando en la importancia de identificar y distinguir el tipo de biodiversidad incidente en ellos. Esta información permite conocer; cual es deseable mantener y/o incrementar y cual no, de manera que se puedan llevar acabo las funciones y/o servicios esperados para así determinar cuáles son las mejores prácticas de manejo que incrementen la biodiversidad, rendimientos, productividad y calidad deseadas; en este contexto también se ha venido redefiniendo un manejo de plagas y enfermedades que sea más consecuente con los principios de la sostenibilidad, buscando reducir hasta suprimir el uso de insumos de síntesis química mediante diversas estrategias de manejo integrado como control biológico ya sea, a través de depredadores naturales nativos o introducidos, entomófagos, parasitoides o patógenos, prácticas culturales, uso de trampas, extractos y aceites de vegetales y minerales, etc., para así obtener rendimiento, calidad aceptables y paralelamente minimizar los daños al ambiente y a la

salud humana (FAO, 1998, Altieri 1999, Bahena, 2003; Norris y Kogan, 2005; Tscharntke *et al*. 2005; Nicholls, 2006; Moonen y Barberi, 2008).

2. ANTECEDENTES

2.1 El género *Vanilla* Plumier

El género *Vanilla* Plum., de distribución pantropical; con especies presentes en América (54), África (22), Asia incluyendo Nueva Guinea e Indonesia (28) y Oceanía (6) pero ausente en Australia, es reconocido como ancestral en la familia Orchidaceae (72 ma.) y el más largo de la subfamilia Vanilloideae. También considerado como un género morfológica, taxonómica y filogenéticamente complejo, su clasificación está basada en variaciones morfológicas de caracteres vegetativos y florales así como genéticos-moleculares; incluye alrededor de 110 especies; 9 se reconocen para México (*V. cribbiana, V. hartii, V. helleri, V. inodora, V. odorata, V. insignis, V. planifolia, V. phaeantha* y *V. pompona* subsp. *pompona*) y 15 para Mesoamérica, siendo en el Neotrópico, Mesoamérica y Sudamérica los centros de mayor diversidad del género (Correll, 1953, Soto-Arenas, 1999, 2009; Bory *et al*. 2008; Reyes-López *et al.* 2009; †Soto-Arenas y Cribb, 2010; †Soto-Arenas y Dressler, 2010; Cameron, 2011; Gigant *et al*. 2011).

Las orquídeas pertenecientes a este género son hemiepífitas que crecen en bosques húmedos tropicales entre 0-1100 msnm; en condiciones naturales alcanzan el dosel donde florecen y fructifican, llegando a trepar más de 30 mts. de altura y medir más de 100 mts. de largo; su reproducción puede ser sexual, la cual es raramente observada en la naturaleza o vegetativa siendo esta última la predominante pudiendo un solo individuo cubrir hasta 0.2 ha; sin embargo la densidad poblacional puede ser en extremo variable. Son descritas de la manera siguiente: hierbas escandentes, monopodiales, hemiepífitas, epifitas o terrestres, presentan raíces terrestres y adventicias, estas últimas producidas a menudo en cada nudo del tallo en posición opuesta a la hoja, aplanadas, delgadas y lisas cuando libres o gruesas si están adheridas a la corteza o teretes y pilosas en el suelo; los tallos son volubles poco o profusamente ramificados, teretes o cuadrangulares, algunas veces sulcados, delgados o

gruesos, quebradizos a suculentos, lisos o verrucosos; poseen hojas no articuladas, sin vainas, dísticas o dispuestas helicoidalmente, membranáceas, coriáceas o carnosas, desarrollando laminas conspicuas y persistentes o con láminas muy pequeñas, como escamas y prontamente deciduas; a veces con un peciolo definido; la inflorescencia es axilar, racemosa a paniculada, raramente una panícula de cimas alargada, similar a los ejes vegetativos, alargada, con brácteas grandes similares a las hojas y flores distantes o muy disimiles a los ejes vegetativos, congestionadas, con brácteas en forma de escama y con raquis denso y pueden ser prontamente caedizas; las flores son generalmente grandes, vistosas de corta vida o efímeras, producidas en sucesión, resupinadas, perianto deciduo una vez que la flor ha sido fertilizada; de tipo garganta, con frecuencia fuertemente fragantes. Sépalos libres, extendidos, planos a contortos y ondulados; lisos, raramente granulosos o verrucosos. Pétalos libres, dorsalmente carinados, extendidos, reflexos u ondulado-contortos. Labelo raramente completamente libre o fusionado de forma variable a los márgenes de la columna, con frecuencia fusionado a todo lo largo de la columna y formando una cámara abierta profundamente saccata o infundibuliforme; simple o variablemente lobado, con frecuencia largamente unguiculado; disco con quillas longitudinales, tricomas, verrugas o venas engrosadas y rugosas, muy frecuentemente con un callo penicilado formado por un grupo de escamas fimbriadas y retrorsas. Columna corta o alargada, semiterete o trigona, recta o arqueada, frecuentemente pilosa o papilosa en la superficie ventral y algunas veces con quillas basales; sin pie. El fruto es una capsula dehiscente o capsula carnosa parcialmente dehiscente generalmente abriendo a lo largo de 2 líneas carpelares y formando valvas desiguales; algunas veces fuertemente fragantes, con semillas relativamente grandes con testa esclerótica, superficie lisa a ligeramente verrucosa (Bory *et al*. 2008; Soto-Arenas, 2009; Soto-Arenas y Cameron, 2003; Soto-Arenas y Cribb, 2010; Soto-Arenas y Dressler, 2010).

La diversidad en la fragancia y morfología floral, así como los compuestos aromáticos de los frutos, carácter restringido a las especies neotropicales de *Vanilla*, sugiere que estas orquídeas han evolucionado para

adaptarse a distintos polinizadores y dispersores, aunque se reportan algunas especies que se autopolinizan espontáneamente, sin embargo, para la mayoría de las especies de *Vanilla* esto no ocurre debido a un eficiente rostelo y a la necesidad de polinización cruzada basada en la intervención de polinizadores; en relación a la dispersión de las semillas, la matriz oleosa y compuestos aromáticos favorecen la epizoocoria a través de cualquier visitante sea vertebrado o invertebrado (Soto-Arenas y Cameron, 2003, Bory *et al*. 2008; Soto-Arenas, 2009; Lubinsky, 2006; Householder, 2007; Gigant, *et al* 2011).

2.2 Artrópodos asociados al agroecosistema vainilla

Los artrópodos, son el grupo dominante y más desconocido de animales en la tierra, presentes tanto en ambientes terrestres como acuáticos. Presentan una gran variedad evolutiva y adaptativa a distintas condiciones físico-ambientales, tienen una estrecha relación con los ecosistemas donde brindan importantes servicios afectando su estructura y función dentro una compleja red de interacciones. Representan un eslabón muy importante en la red trófica con la capacidad de alterar la tasa y dirección del flujo de materia y energía de manera que pueden afectar procesos globales; también presentes en ambientes modificados por el hombre, muchas veces su relación con este último es positiva (alimento, polinización de cultivos, fibras, transformación de la materia) y otras negativa (plagas, vectores, enfermedades). También permiten detectar el efecto de cambios ambientales y paisajísticos dada su rápida respuesta a corto plazo además de complementar las aproximaciones de conservación y manejo (Morón y Terrón, 1988; Borror *et al*. 1992; Dent y Walton, 1997; Colwell *et al*. 2001; Schowalter, 2001). Los asociados al agroecosistema son escasa y aisladamente conocidos; como en todo cultivo, en ocasiones algunos de estos son considerados plaga representando una limitante en la producción; para el agroecosistema vainilla en México, en la región de Papantla, Veracruz, Cipagauta y Sánchez (1979) y Curti (1981) mencionados por Pérez-Pérez (1990) determinaron que las principales plagas de la vainilla son: *Spinas floridulos* que destruye tejidos de hojas, *Dysdercus conncinus* y *D. obscuratus* los cuales atacan retoños y flores; *Nezara amaragdula* succiona savia, *Conchylia vanillana* ataca frutos jóvenes

(Hemiptera) y a *Plusia aurifera* (Lepidoptera) que se alimenta de partes tiernas. Herrerías (1980) y Sánchez (1980) mencionan a *Euricipitis vestitus* (Hemiptera) y al "gusano peludo", una larva negra no identificada de la familia Arctiidae (Lepidoptera) de hábitos nocturnos que se alimenta del cogollo de *V. planifolia* retardando así el desarrollo de la planta. Posteriormente Pérez-Pérez (1990) en vainillales tradicionales identificó y determino la dinámica poblacional de la plaga conocida como "chinche roja" (*Tenthecoris confusus*), no identificada correctamente hasta entonces; además identificó la entomofauna asociada al agroecosistema reportando 39 morfoespecies mencionando como abundantes a los órdenes Coleoptera y Hemiptera reportando también especies de los órdenes Hymenoptera, Lepidoptera y una especie no identificada de la subclase Acari; citando solo dos especies que se alimentan de la planta, *T. confusus* y una larva (Lepidoptera) de color negro no identificada. Damirón (1994), en su manual técnico para la misma región, menciona como principal plaga del cultivo al "piojo colorado", *Euricipitis vestitus* (Hemiptera), también menciona como ocasionales plagas a larvas de *Papilio polyxenes* (Lepidoptera), al "piojo lanudo" *Eriosoma* sp. y a la "escama ostión" *Lepidosaphes gloveri* (Hemiptera); posteriormente, Hernández-Hernández (2008, 2011, 2011a) menciona nuevamente como principal plaga de la vainilla en México a la "chinche roja" (*T. confusus*) y en menor grado a *Plusia aurífera*.

En otras regiones como Hawái, Swezey, (1945) reporta 11 especies asociadas a individuos de *Vanilla* sp., provenientes de México, Centro y Sudamérica, menciona a las especies *Conchaspis angraeci* y *Cerataphys latamiae* (Hemiptera); a *Diorymerellus obliteratus* (Coleoptera); *Platynota rostrana* (Lepidoptera) y formícidos de los géneros *Pheidole*, *Prenolepis*, *Solenopsis*, *Crematogaster*, *Odontomachus*, *Dolichoderus* y *Tetraponera* (Hymenoptera). Posteriormente Correll (1953) menciona como polinizadores de la vainilla en México a abejas del género *Melipona* así como colibríes; como plagas de importancia reportadas en Islas Reunión menciona a *Trioza litseae* como la especie más destructiva seguida de *Nezara viridula* (Hemiptera); en Madagascar menciona a *Perissoderes ruficollis* como la más prejudicial; incluye también a las especies *Hoplia retusa* y *Cratopus punctum* (Coleoptera). Por

otro lado cita a larvas de *Conchylia vanillana*, *Plusia aurífera* y ocasionalmente a *Simplica inaecualis* (Lepidoptera) siendo comunes estas especies en Islas Reunion, Madagascar, África continental, Santa Helena, Tenerife y el sur de Europa; para Puerto Rico menciona a *Diorymerellus* o*bliteratus* (Coleoptera) también reporta larvas de *Platynota rostrana* y *Ecpantheria icasia* (Lepidoptera); a *Cerataphis lataniae* (Hemiptera) y a *Doru* sp. (Dermaptera). En Cuba, Díaz *et al*. (2004) reportan como fitófagos asociados a *V. planifolia* a *Cerataphis orchidearum* y *Saissetia coffeae* (Hemiptera); para Nicaragua, Maes (2004) no reporta daños causados por insectos en *V. planifolia* mencionando como asociadas 13 especies, *Aeneolamia albofasciata, Chrysomphalus aonidium* y *Conchaspis angraeci* (Hemiptera), un coleóptero de la familia Scaphidiidae, un lepidóptero de la familia Noctuidae, 3 dípteros de las familias Micropezidae y Sarcophagidae; de la familia Vespidae *Myschocyttarus basimaculata basimaculata* y *Epipona guerini*; así como los formícidos *Atta cephalotes* y *Camponotus* sp. (Hymenoptera); en Costa Rica, Rivera-Coto y Corrales-Moreira (2007), mencionan a *Stetobaris* sp. (Coleoptera) como causante de daños en *Vanilla* sp., por otro lado Varela (2011) reporta como plagas comunes a *Plusia aurífera* y *Agrotis* sp. (Lepidoptera), *Stenacris* sp. (Orthoptera) y a *Chaetanaphothrips* sp. (Thysanoptera).

En India Vanitha *et al.* (2011) identificaron plagas así como enemigos naturales reportando las siguientes especies; como más perjudiciales menciona larvas de segundo y tercer instar de las especies *Holotrichia serrata* y *H. rufoflava* (Coleoptera); a *E. scintiallis*, *E. bigutta, P. ricin*, *Plusia* sp. y *A. micaceana* (Lepidoptera); *Helymorpha* sp. y *Helopeltis* sp. (Hemíptera); *P. gracilis* (Orthoptera) como plagas menores a *Oecophylla smaragdina* (Hymenoptera) y a *Hypotactus ruralis* (Coleoptera); relacionados al tutor *Gliricidia* sp. reporta a *Aphis craccivora*, *Ferrisia virgata*, *Maconellicoccus hirsutus*, *Stenias grisator*, *Hypotactus ruralis*, *Oecophylla smaradigma*, *Oxya nitidula* (Hemiptera) y termitas (Isoptera); como enemigos naturales menciona a *Glyptapanteles* sp., *Chelonus* sp.; *Euplectus* sp. y *Aprostocetus* sp. (Hymenoptera) y también a *H. serrata* (Acari).

Respecto a los polinizadores, se ha observado que la diversidad morfológica de la flor en especies de *Vanilla* sugiere que estas han evolucionado para adaptarse a distintos polinizadores; reportándose para el Neotrópico principalmente especies de abejas de las subfamilias Euglossini y Meliponini así como colibríes; sin embargo, los niveles de cuajado de frutos en condiciones naturales son bajos, siendo ya reconocida la intervención de especies de los géneros *Euglossa* y *Eulaema* en la polinización de *Vanilla*; para este género en México, tres sistemas son sugeridos, el primero de los cuales implica la atracción de machos y posterior recolección de aceites, fragancias florales y ocasionalmente polen o exudados estigmáticos implicando en estos casos una relación altamente especifica entre el compuesto aromático y el polinizador (*V. pompona* subsp*. pompona*); el segundo es un sistema de polinización por engaño donde los polinizadores son atraídos sin aparente recompensa tanto machos como hembras (*V. planifolia*, *V. hartii*, *V. odorata* y *V. insignis*); el tercer sistema implica abejas del género *Xylocopa,* (*V. inodora*) basándose principalmente en la peculiar estructura floral muy similar a la de otras especies de orquídeas polinizadas por abejas carpinteras. Se considera que aún se debe conocer mejor a los verdaderos polinizadores de *Vanilla*; siendo necesario mencionar que actualmente el papel polinizador de *Melipona beecheii* está en duda al ser esta muy pequeña para realizar dicha función; por otro lado la producción de néctar extrafloral no ha sido reportada para ninguna especie del género (Correll, 1953; Bory, 2008; Roubik y Ackerman, 1987; Soto-Arenas, 1999, 2006, 2009; Soto-Arenas y Cameron, 2003; Lubinsky *et* al. 2006, Householder, 2007; Bory, *et al*. 2008; Gigant *et al*. 2011). Lubinsky *et al*. (2006) en observaciones sobre *V. planifolia* y *V*. *pompona* subsp. *pompona* en Oaxaca registraron visitas de *M. beecheii* así como abejas de los géneros *Euglossa* y *Exaerete*, también la visita de hormigas y colibríes sin embargo ningún evento de polinización fue registrado. En Perú para *V. pompona* subsp *grandiflora*, Householder (2007) menciona a la especie *Eulaema meriana* como polinizador observando movimiento de polen; también se reporta la colecta de fragancia de los frutos por parte de estas abejas. Alarcón (2009) identifica como visitantes florales y posibles polinizadores de *V. planifolia* a abejas meliponas de las especies *Nannotrigona perilampoides, Scaptotrigona mexicana, Plebeia*

pulchra y Partamona bilineata en dos módulos uno a cielo abierto y otro bajo malla sombra al 70% en Tenampulco también menciona hormigas, chinches, abejas melíferas, avispas entre otros los cuales liban exudados azucarados de la base floral sin penetrar en la flor. En México y Guadalupe se han reportado abejas del género *Trigona* (Stelhé, 1952, mencionado por Bory *et al*. 2008 y Gigant *et al*. 2012), datos no confirmados hasta el momento; en Puerto Rico Soto-Arenas y Cameron (2003) reportan la polinización de especies de *Vanilla* sin hojas, por abejas del genero *Centris.*

Por otro lado existe una obvia interacción entre hormigas y *Vanilla* como ya ha sido demostrado para otras especies de orquídeas pues estas ofrecen alimento y refugio sugiriendo también que las hormigas pueden desempeñar algún papel en la dispersión de semillas, particularmente aquellas con una matriz oleosa como en el caso de *Vanilla*; sin embargo las especies de hormigas implicadas así como el verdadero beneficio para *Vanilla* de tal interacción aún siguen siendo desconocidos (Peakall, 1994, Soto-Arenas y Cameron, 2003; Lubinsky, 2006; Bory *et al*. 2008; Alarcón, 2009; Gigant *et* al. 2011).

3. Justificación

En la actual *crisis ecológica y social,* caracterizada por problemas de carácter ambiental, biológico, ecológico, económico y social; han aumentado los problemas crónicos de salud, ha disminuido el nivel económico del productor, se ha acentuado la inequidad y degradación social existiendo condiciones para la gestación de más problemas ecológico-sociales. La degradación de los suelos y la contaminación ambiental como efecto nocivo al medio ambiente ocasionado por la práctica de la agricultura extensiva o convencional con el uso irracional de agroquímicos, entre otros factores que han traído graves consecuencias como, por una parte la muerte de insectos que no son plaga y que proporcionan beneficio; por otro lado el surgimiento de resistencia en las principales plagas a los productos más comunes en el mercado, así como la contaminación de agua, aire y suelo, acumulación de residuos tóxicos en los alimentos e intoxicación de los usuarios, haciendo de

esta manera urgente la necesidad, derecho y demanda de productos alimenticios producidos inocuamente.

En México a pesar de ser centro de diversidad de la especie cultivada en todo el mundo y tener las condiciones climáticas y culturales favorables respecto al manejo, curado y calidad; la vainilla mexicana; además de estar en peligro de extinción, la producción no cubre la demanda internacional. Sin embargo, sigue siendo un cultivo redituable, sustentable y sostenible en el trópico húmedo; los artrópodos asociados al agroecosistema en la región del "Totonacapan" son escasa y aisladamente conocidos, dado que la mayoría de estudios se han centrado en aspectos agronómicos, de curado, enfermedades, filogenéticos, históricos o socioeconómicos; motivo por el cual, la identificación de aquellos incidentes así como el conocimiento de las interacciones entre estos es necesario para poder formular estrategias, tecnologías, soluciones y alternativas, que desde distintos ángulos y al ser integradas, sean viables y eficaces, para así estimular la sana producción, transformación, revaloración, comercio justo y reactivación de este sector agrícola en nuestro país.

4. Hipótesis

- El tipo de agroecosistema y manejo del cultivo afectan la composición taxonómica, abundancia, estructura trófica, riqueza y diversidad de la comunidad de artrópodos asociados al agroecosistema vainilla en la región del Totonacapan.

5. Objetivos

5.1 Objetivo General

- Identificar, determinar y comparar la composición taxonómica, abundancia, estructura trófica, riqueza y diversidad de la comunidad de artrópodos asociados a tres agroecosistemas de vainilla (*Vanilla sp*), con distinto manejo agronómico en la región del Totonacapan.

5.2 Objetivos particulares

- Identificar las especies cultivadas de *Vanilla* sp., tutores y tipo manejo de las parcelas del agroecosistema vainilla en la región del Totonacapan.

- Identificar la composición taxonómica y estructura trófica de la comunidad de artrópodos asociados a la parte aérea de la planta de *Vanilla* sp. en agroecosistemas vainilla con distinto manejo, en el Totonacapan.

- Identificar la composición taxonómica y estructura trófica de la comunidad de artrópodos relacionados a la vegetación asociada al agroecosistema vainilla en el Totonacapan.

- Determinar y comparar la abundancia relativa y estacional de artrópodos identificados en cada una de las parcelas y entre ellas.

- Determinar, analizar y comparar la riqueza, diversidad alfa y beta de la comunidad de artrópodos asociados al cultivo de vainilla con base en índices de riqueza, dominancia, equidad, equitabilidad, similitud y complementariedad en agroecosistemas con distinto manejo agronómico en el Totonacapan.

6. Material y métodos

6.1 Localización del área de estudio

Para la realización del presente estudio, se seleccionaron tres parcelas representativas del agroecosistema vainilla en la región del “Totonacapan” con una superficie de 0.1 ha cada una. Una parcela se ubicó en la localidad de Caracoles, mpio. de Tenampulco en el estado de Puebla (N20°11’52’’ O97°22’05’’), las otras dos pertenecientes al estado de Veracruz, se ubicaron en las localidades de Calle Grande, mpio. de San Rafael (N20°13’06’’ O96°51’47’’) y en el ejido 1º de Mayo mpio. de Papantla (N20°17’46’’ O97°16’00’’) (Figura 1). El “Totonacapan”, concepto cultural designado al área

ocupada desde la época prehispánica por indígenas de la cultura Totonaca; actualmente comprende la zona norte del estado de Veracruz y parte de las sierras Nororiental y Norte del Estado de Puebla. Vela (2010), menciona que dicha región se conformó originalmente en torno a la ciudad prehispánica del Tajín, experimentando posteriores procesos de expansión y contracción para posteriormente en la época colonial y hasta la actualidad desarrollarse en torno a la ciudad de Papantla, Veracruz.

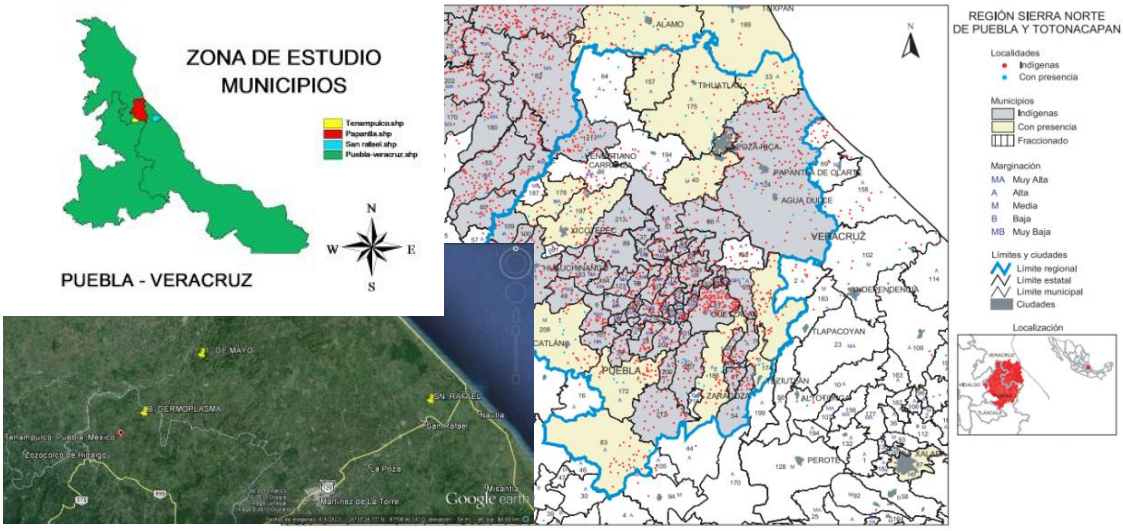


Figura 1. Localización geográfica, ubicación y caracterización de la región del "Totonacapan" y de las parcelas en estudio.

El clima es de tipo Am(f), cálido húmedo con temperatura media anual entre 22º y 26º C, temperatura del mes más frio >18ºC; recibe entre 800-2000 mm anuales con abundantes lluvias en verano (Jun-Ago) y concentraciones máximas entre Agosto y Noviembre con un periodo de sequía y "nortes" en los meses de invierno (Dic-Mar); los suelos son de tipo laterítico y vertisol eútrico en terrenos con topografía kárstica; con buen drenaje, es muy común encontrar roca aflorante; abarca la porción oriental del declive septentrional de la Sierra Madre Oriental hacia la llanura costera del Golfo de México, sobre las tribulaciones de un conjunto montañoso el cual recibe el nombre local de Sierra de Papantla, la topografía es irregular, con cerros de poca altura no mayor a 500 m y con predominancia de valles, conforme disminuye la altitud el relieve se vuelve llano hasta llegar a la costa; la región presenta un alto grado de perturbación y fragmentación debido principalmente a actividades agrícolas, ganaderas y petroleras por lo que la flora y fauna originales han sido

ampliamente transformadas y fragmentadas; sin embargo aún pueden encontrarse algunos parches remanentes de bosque tropical perennifolio y selva mediana subperenifolia (INEGI, INAFED, SNIM, SNIB-CONABIO).

La metodología se dividió en 2 fases, una de campo para la colecta de artrópodos así como otra de laboratorio para la identificación y análisis de la abundancia, composición, estructura trófica, riqueza y diversidad de los artropodos colectados, asociados al agroecosistema vainilla en el Totonacapan de acuerdo con Dent y Walton (1997), Brower *et al*. (1998), Magurran (1988, 2004) y Krebs (1999).

6.2 Trabajo en campo

6.2.1 Identificación del agroecosistema

Los agroecosistemas se identificaron con base en la las especies de *Vanilla* sp. cultivadas *in situ* en cada una de las parcelas para lo cual se utilizaron las claves a nivel especifico incluidas en Soto-Arenas (2009) y Soto-Arenas y Dressler (2010) así como las descripciones de variedades criollas de la región de Castillo y Engleman, (1993) y Reyes-López *et al*. (2009); la identidad de los tutores se determinó utilizando las claves de Pennington y Sarukhan (2005); el tipo de manejo y nivel de tecnificación se determinaron con base en los criterios abordados en Castro-Bobadilla y García-Franco (2007), Reyes-López *et al*. (2008) y Barrera-Rodríguez *et al.* (2009). Las condiciones agroecológicas en las parcelas como altitud, latitud, relieve, hidrología y grado de marginación se caracterizaron basando el análisis en la información proporcionada por los productores, literatura especializada, geoposición e información de INEGI, INAFED y SNIB-CONABIO.

6.2.2 Diversidad de la comunidad de artrópodos

Se realizaron 8 muestreos sistemáticos de febrero a diciembre de 2012 a las tres parcelas ubicadas en el Totonacapan, donde, en concordancia con la fenología del cultivo y por cada muestreo, se llevó a cabo colecta diurna de artrópodos asociados al agroecosistema vainilla (*Vanilla* sp.) de manera directa, utilizando manos, pinzas entomológicas, aspirador entomológico manual y red de golpeo diferenciando entre ellos; aquellos asociados a la parte

aérea de *Vanilla* sp (tallos, hojas, flores y frutos) hasta una altura de 2.5 m. y los asociados a la vegetación circundante dentro de un cuadrante de 1 m^2 considerando como eje del mismo una mata de *Vanilla* sp. y su respectivo tutor considerándose esta como la unidad muestral, donde en cada una se realizaron observaciones durante 15 minutos, realizando 8 pases por cuadrante con red de golpeo sobre la vegetación circundante: completando así un total de 64 unidades muestrales seleccionadas completamente al azar (9 hrs. colecta/día) por parcela; también se realizó registro fotográfico de los artrópodos *in situ*. Los organismos colectados se fijaron de acuerdo al método más adecuado según sus características, orden al que pertenecen y al estadio de desarrollo; para larvas se utilizó liquido pampel (55 partes de alcohol, 27 de agua, 11 de formaldehido y 7 de ácido acético glacial), los adultos se sacrificaron utilizando cámara letal con vapores de acetato de etilo, los ejemplares así tratados fueron depositados posteriormente en bolsas de plástico transparentes de 25 x 15 cm y otros se depositaron en frascos con alcohol al 70% de acuerdo con los métodos mencionados en Morón y Terrón (1988); Borror *et al*. (1992), Dent y Walton (1997) y Brower *et al*. (1998), transportándolos debidamente etiquetados para ser posteriormente montados e identificados en el laboratorio, habiendo sido depositados en la colección del Centro de Agroecología del Instituto de Ciencias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

6.3 Laboratorio

Una vez obtenidas las muestras se procedió a la identificación de los organismos para lo cual se utilizó un estereoscopio triocular marca ZEIGEN, equipo de disección, guias y claves taxonómicas a nivel de orden, familia, sub familia género y especie de Morón y Terrón, (1988), Borror *et al*. (1992), Mackay y Mackay (1989), Fernández (2003), Hsiao y Sailer (1947), De la Maza y De la Maza (1987), Brailovsky *et al*. (1992), Ayala (1999) y Ubick *et al*. (2005), además de haber comparado los organismos con la colección entomológica del Centro de Agroecología del Instituto de Ciencias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, con apoyo del registro fotográfico, consulta a especialistas, bases de datos y literatura especializada para así también

determinar y conocer la biología y el grupo funcional al que pertenecen las especies identificadas.

6.4 Análisis de datos

Con base en los resultados obtenidos de la identificación y cuantificación de artrópodos se obtuvo un listado taxonómico de las especies colectadas así como su respectiva abundancia con lo cual se realizó un análisis de la composición, estructura, riqueza y diversidad alfa y beta entre y por cada una de las parcelas de acuerdo con Brower *et al*. (1998), Krebs (1999) y Magurran (1988 y 2004).

6.4.1 Atributos de las comunidades

Una comunidad, es un ensamblaje de poblaciones interactuantes constituida por individuos de diferentes especies, los cuales constituyen una unidad ecológica relativamente autosuficiente; dicha unidad muestra organización y homeostasis con atributos estructurales y funcionales únicos, con límites y escalas espaciales, temporales, geográficas o convencionales. Como resultado de la interacción de dichos individuos con las características físico-químicas del ambiente y con otras especies, en una comunidad se presentan asociaciones significativas que invalidan la hipótesis de una distribución independiente entre las especies, ya que ésta puede estar determinada por requerimientos semejantes, o definida por un antagonismo en cuanto a la utilización de los recursos (espacio, nutrientes, etc.) que implique que la presencia de una especie determine la ausencia de alguna (s) otra (s) o la reproducción de otras (Magurran, 1988; 2001; Brower *et al*. 1998; Dent y Walton, 1997; Krebs, 1999).

6.4.1.1. Abundancia

La abundancia relativa de una especie en una comunidad se refiere a la fracción con la que esta contribuye a la abundancia total; esta se obtuvo calculando la abundancia proporcional (Pi) de cada especie en relación al número total de individuos en la colecta, multiplicando el resultado por 100 siendo su expresión en porcentaje.

$$Pi\% = ni / \sum_{i=1}^{S} Ni \times 100$$

Dónde:

ni = Número de individuos de la especie i.

N = Número total de individuos en la muestra.

6.4.1.2 Riqueza específica (S)

Para describir la diversidad (número de especies que tiene una comunidad en un punto determinado) se obtuvo la riqueza de especies (S) que es la forma más sencilla de evaluar la biodiversidad pues se basa en el número de especies en una comunidad, sin tomar en cuenta el valor de importancia de estas (Krebs, 1999).

6.4.1.2.1 Margalef

Este índice de diversidad para medir la riqueza especifica que utiliza la combinación de la Riqueza (S), y N (número total de individuos) sumado entre todas las especies; transforma el número de especies por muestra, supone que hay una relación funcional entre el número de especies y el número total de individuos $S=\sqrt[k]{N}$ donde k es constante; si esto se mantiene, entonces el índice varia con el tamaño de la muestra de forma desconocida, usando S-1 en lugar de solo S da un valor de 0 cuando hay una sola especie (Magurran, 1988) y su expresión es la siguiente:

$$D_{Mg} = (S-1)/lnN$$

Dónde:

S = número de especies.

N = número total de individuos

6.4.1.1.2 Estimación de la Riqueza (S) y eficiencia de la colecta

Para estimar la eficiencia de la colecta en cada una de las parcelas, se obtuvo una curva de acumulación de especies recurriendo a estimadores de riqueza específica paramétricos y no paramétricos; en el presente se utilizaron

Clench, Chao1 y Jackknife 1; también se realizó el cálculo del esfuerzo de captura total en horas por muestra y por parcela.

6.4.1.1.2.1 Clench: Es un estimador paramétrico; la ecuación de Clench asume que cuanto más tiempo se pasa en el campo, mayor es la probabilidad de añadir nuevas especies al inventario hasta un máximo con lo cual la probabilidad de añadir nuevas especies eventualmente disminuye (modelo asintótico) (Soberón y Llorente, 1993; Jiménez-Valverde y Hortal, 2003), siendo su expresión matemática la siguiente:

$$Sn=a\times n/(1+b\times n)$$

Dónde:

a = la ordenada de origen, la intercepción en Y; representa la tasa de incremento de nuevas especies al comienzo del inventario.

b = número acumulativo de muestras (parámetro de forma de la curva).

La asíntota de la curva (total de especies predichas por el modelo) se calcula como *a/b;* realizando 100 aleatorizaciones del orden de las muestras para lo cual se utilizó el software EstimateSWin910 (Colwell, 2013).

6.4.1.1.2.2 Chao 1: Es un estimador no paramétrico de la riqueza de especies basado en el número de especies raras de la muestra para lo cual requiere datos de abundancia (Magurran, 2004) siendo su expresión la siguiente:

$$Chao1=S+a/2b$$

Dónde:

S = número de especies en la muestra.

a = número de especies representadas solamente por un único individuo en la muestra (*singletons*).

b = número de especies representadas por exactamente 2 individuos en la muestra (*doubletons*).

6.4.1.1.2.3 Jackknife 1: Es un estimador no paramétrico de la riqueza de especies, está basado en la observación de la frecuencia de especies únicas en la comunidad, definidas estas como espacialmente raras (distribución restringida) y no desde el punto de vista numérico (abundancia) (Krebs, 1999; Magurran, 2004), requiere únicamente datos de presencia/ausencia, su expresión es la siguiente:

$$\hat{S}=S+(n-1/n)\times k$$

Dónde:

S = número total de especies observadas en *n* cuadrantes.

n = número total de muestras.

k = número de especies únicas.

6.4.1.3 Diversidad Alfa (α)

El concepto de diversidad de especies se basa en la suposición de que las poblaciones co-ocurrentes interactúan unas con otras y con el ambiente en diversas formas que se manifiestan en el número de especies presentes en una comunidad o riqueza especifica (S) y en su importancia relativa (heterogeneidad, equidad y dominancia); a la diversidad de especies dentro de una comunidad se le denomina diversidad alfa; la mayoría de los métodos propuestos para evaluar la diversidad de especies que se refieren a la diversidad dentro de las comunidades, se diferencian principalmente en dos clases los cuales están basados en: 1) la cuantificación de la riqueza especifica (S) (total de especies presentes) y 2) métodos basados en la estructura de la comunidad, es decir, la distribución proporcional del valor de importancia de cada especie (abundancia relativa de individuos, biomasa, cobertura, etc.); estos métodos a su vez pueden estar basados en la dominancia o equidad de la comunidad (Brower, *et al*. 1998; Krebs, 1999; Magurran, 1988, 2004).

6.4.1.3.1 Equidad

Por décadas los ecologistas de campo han sabido que la mayoría de las comunidades de plantas y animales contienen algunas especies dominantes y muchas otras que son relativamente raras; algunos índices de diversidad se basan principalmente en el concepto de equidad el cual se expresa

considerando la diferencia o cuan cercana es una distribución de abundancias observada de una comunidad natural con una comunidad hipotética donde todas las especies (S) tuviesen la misma abundancia (N) es decir la uniformidad en la distribucion de las abundancias de las especies (Brower, *et al*. 1998, Krebs 1999, Magurran, 1988, 2004).

6.4.1.3.1.1 Shannon-Wiener (H')

Este índice toma en cuenta dos componentes: el número de especies (S) y la uniformidad (equidad) de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra, mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección; asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra, adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos.

$$H = -\sum_{i=1}^{S} \frac{n_i}{n} ln \frac{n_i}{n}$$

Donde:

S = Numero total de especies en la muestra.

ni = Proporcion de individuos del total de la muestra que pertenecen a la especie *i*.

n = Numero total de individuos de la muestra.

6.4.1.3.1.2 Equitabilidad de Shannon-Wiener (J)

El enfoque común considera a este atributo de la diversidad como una medida relativa de la heterogeneidad de la comunidad en donde el valor máximo se presenta cuando todas las especies en la muestra están representadas con la misma abundancia; tiene en cuenta la abundancia de cada especie y que tan uniformemente se encuentran distribuidas (Krebs, 1999; Magurran, 1988, 2004).

$$J = H'/logS$$

Dónde:

H' = Índice de Shannon-Wiener

S = número de especies

6.4.1.3.2 Dominancia

Los indices basados en la dominancia son parametros inversos al concepto de uniformidad, heterogeneidad o equidad de la comunidad; toman en cuenta la representatividad de las especies con mayor valor de importancia sin evaluar la contribucion del resto de especies (Brower, *et al*. 1998; Krebs, 1999; Magurran, 1988, 2004).

6.4.1.3.2.1 Simpson (D)

Es una medida de diversidad no parametrica toma en cuenta la representatividad de las especies con mayor valor de importancia (dominancia); manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie por lo que a medida que D aumenta la diversidad disminuye siendo su expresion la siguiente (Brower *et al*. 1998; Krebs, 1999; Magurran, 1988, 2004).

$$D = \sum_{i=1}^{S} Pi^2$$

Donde:

Pi = proporcion de la especie i en la comunidad = ni/N

6.4.1.3.2.2 Complemento (Diversidad) de Simpson (1-D)

Para convertir la probabilidad del indice de Simpson en una medida de diversidad que mide la equidad, se considera el complemento de Simpson; este indice varia de 0 a casi 1 (Brower *et al*. 1998; Krebs, 1999; Magurran, 1988, 2004) siendo su expresion la siguiente:

$$1 - D = 1 - \sum_{i=1}^{S} Pi^2$$

Donde:

Pi = proporcion de la especie i en la comunidad = ni/N

6.4.1.3.2.3 Reciproco de Simpson (1/D)

El reciproco de Simpson varia de 1 a S, de esta manera este indice se interpreta facilmente como el numero de especies igualmente requeridas para generar una heterogeneidad de la muestra (Brower *et al*. 1998; Krebs, 1999; Magurran, 1988, 2004) siendo su expresion la siguiente:

$$1/D = 1/\sum_{i=1}^{S} Pi^2$$

Donde:

Pi = proporcion de la especie *i* en la comunidad.

6.4.1.4 Diversidad Beta (β)

La diversidad entre hábitats (beta) es el grado de reemplazamiento de especies a través de gradientes ambientales o bien una medida de cuan diferentes o similares pueden ser un rango de hábitats o muestras en términos de la variedad de especies encontradas en ellos; se basa en proporciones o diferencias, tales proporciones pueden evaluarse con base en índices o coeficientes de similitud, disimilitud o de distancia entre las muestras a partir de datos cualitativos o cuantitativos; o bien con índices de diversidad beta como tal (Brower *et al*. 1998, Krebs, 1999; Magurran, 1988, 2004).

6.4.1.4.1 Similitud

La similitud es un parámetro comunitario y es base para la clasificación de las comunidades; los coeficientes son muy utilizados para comparar espacial y temporalmente comunidades con atributos similares (Brower *et al*. 1998, Krebs, 1999; Magurran, 1988, 2004).

6.4.1.4.1.1 Coeficiente de similitud de Jaccard

Este coeficiente expresa el grado en que dos muestras son semejantes por las especies que comparten, adquiere valores entre cero (cuando no hay especies compartidas) y uno (cuando comparten todas las especies) (Brower *et al*. 1998, Krebs, 1999; Magurran, 1988, 2004) y se calculó mediante la ecuación:

$$\boldsymbol{CJ = c/(a + b - c)}$$

Dónde:

a=número de especies presentes en al sitio a.

b=número de especies presentes en el sitio b.

c= número de especies compartidas por ambos sitios.

6.4.1.4.1.2 Complementariedad

Este concepto se refiere al grado de disimilitud (diferencia) en la composición de especies entre pares de biotas, adquiere valores entre cero (sitios idénticos en composición de especies) y uno (sitios con especies completamente distintas). Para obtener el valor de complementariedad se deben obtener primero dos números; las variables a, b y c adquieren los mismos valores que en el coeficiente de Jaccard (Brower *et al*. 1998, Krebs, 1999; Magurran, 1988, 2004).

1. Riqueza total para ambos sitios combinados (SAB)

$$\boldsymbol{SAB = a + b - c}$$

2. Número de especies únicas a cualquiera de los dos sitios (UAB)

$$\boldsymbol{UAB = a + b - 2c}$$

Una vez obtenidos estos valores la complementariedad (CAB) se calcula como:

$$\boldsymbol{CAB = UAB/SAB}$$

Los intervalos de confianza en los cálculos y comparaciones de los índices de diversidad se estimaron mediante el método de bootstrap con un 95% de confianza; para la estimación de los índices de diversidad y curvas de acumulación citados se utilizaron los software STATISTICA 8.0 (Statsoft, Inc., 2007), BioDiversity Pro (McAleece *et al*. 1997), PAST (Hammer, *et al*. 2001) y EstimateSWin910 (Colwell, 2013).

7. RESULTADOS

7.1 Identificación del agroecosistema vainilla en el Totonacapan

En el área de estudio se reportan cultivados individuos principalmente de la especie *V. planifolia* (Cuadro 1); en la parcela en 1° de Mayo se identificaron las variedades “mansa”, “rayada” y “oreja de burro”; en San Rafael solo se reporta *V. planifolia*, en la parcela de Tenampulco también se reporta *V. planifolia,* y a diferencia de las anteriores se reportan 4 especies más del género: *V. pompona*, *V. insignis*, *V. odorata* y *V. inodora* así como cruzas entre *V,planifolia* y *V, pompona*. En relación a los tutores se identificaron cuatro especies en asociación *Erythrina* sp., *E. americana*, *G. sepium* y *C*. x *aurantium*; en el cuadro 1 se muestran las diferencias agroecológicas entre las parcelas en estudio; estas se ubicaron en un gradiente altitudinal de 7 a 200 msnm, con un relieve de lomas de baja altitud en las parcelas de mayor elevación (Tenampulco y 1º de Mayo) hasta llegar a la llanura costera conforme disminuye la altitud (San Rafael). La práctica de manejo convencional consistió en la aplicación de agroquímicos de síntesis (fertilizantes, pesticidas, fungicidas, hormonas), riego tecnificado así como prácticas de poda sanitaria y

Cuadro 1. Identificación de los agroecosistemas de vainilla (*Vanilla* sp.) en la región del Totonacapan. 2012.

Estado	Municipio / Localidad / Geo posición	Especies cultivadas de *Vanilla* sp.	Alt.	Tipo de manejo	Tutor	Nivel de tecnificación	Grado de marginación	Hidrología	Relieve
Puebla	Tenampulco Caracoles (Banco de Germoplasma) N20°11’52’’ O97°22’05’’	120 accesiones 5 especies: *V. planifolia, V. pompona, V. inodora V. odorata V. insignis*	220 msnm	Convencional + orgánico 4 años	*Erythrina* sp + *Gliricidia sepium*	Tecnificado riego permanente	Alto	Rio Apulco	Loma baja altitud
Veracruz	Papantla Ejido 1º de Mayo N20°17’46’’ O97°16’00’’	*V. planifolia* y variedades criollas Mansa o fina Rayada o acamaya Oreja de burro	130 msnm	Orgánico 20 años (certificado)	*Erythrina americana*	Tradicional Semitecnificado riego temporal	Muy Alto	Rio Tecolutla	Loma baja altitud
Veracruz	San Rafael Calle Grande N20°13’06’’ O96°51’47’’	*V. planifolia*	7 msnm	Convencional 14 años (c/naranjo)	*Citrus x aurantium*	Tecnificado riego permanente	Medio	Rio Bobos/ Nautla	Llanura costera

de formación, aporte de materia orgánica, encauzamiento y desyerbe. El manejo orgánico consistió en la aplicación de insumos autorizados para este tipo de agricultura (ácidos húmicos y fúlvicos, compostas, extractos vegetales,

minerales y orgánicos, fungicidas y pesticidas orgánicos, etc. así como prácticas de manejo, podas sanitarias y de formación del tutor, encauzamiento, aporte de materia orgánica y desyerbe.

7.2 Atributos de las comunidades

7.2.1 Composición taxonómica de artrópodos

Se identificaron en total 114 morfoespecies pertenecientes al Phyllum Artrhopoda (Cuadro 2), 84 a nivel de especie y 30 a género, divididas en las clases Hexapoda y Arachnida, estas a su vez repartidas en 10 órdenes, 38 familias y 92 géneros; 66 especies fueron compartidas entre las tres parcelas (57.89%), 3 exclusivas de San Rafael (*R. cupricollis*, *N. augusti, Solenopsis* sp.) 8 en 1° de Mayo (*Morpho* sp., *Megaphasma* sp., *Chlorocoris* sp., *Augochlora* sp., *Tetrapedia* sp., *E. burchelli*, *P. frontalis*, *N. viridula*) y 5 en Tenampulco (*A. gossypii*, *Bombus* sp., *E. meriana*, *E. polychroma*, *E. cingulata*);

Cuadro 2. Listado taxonómico de artrópodos asociados al agroecosistema vainilla en el Totonacapan, en las parcelas*: **1°M**: Ejido 1° de Mayo, Papantla. **T**: Caracoles, Tenampulco. **SR**: Calle Grande, San Rafael. 2012.

ARTROPODOS ASOCIADOS AL AGROECOSISTEMA VAINILLA EN EL TOTONACAPAN

Clase / Orden	Familia	Morfoespecies Genero / Especie / Autor / Año	Asociado a:	Grupo funcional	Parcelas*		
Hexápoda					**1°M**	**T**	**SR**
Coleoptera	Lycidae	*Calopteron reticulatum* Fabricius 1775	Vegetación	Depredador	X	X	X
		Calopteron discrepans Newman 1838	Vegetación	Depredador	X	X	X
	Coccinellidae	*Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant 1853	*Vanilla sp.*	Depredador	X	X	X
		Epilachna tredecimnotata Latreille 1833	Vegetación	Fitófago	X	X	
	Chrysomelidae	*Diabrotica undecimpunctata* Mannerheim 1843	Vegetación	Fitófago	X	X	X
		Omophoita cyanipennis octomaculata Crotch 1873	Vegetación	Fitófago	X	X	X
		Charidotella sexpunctata Fabricius 1781	Vegetación	Fitófago	X	X	X
		Chelymorpha sp. Chevrolat in Dejean 1837	Vegetación	Fitófago	X	X	X
		Disonycha sp. Chevrolat in Dejean 1837	Vegetación	Fitófago	X	X	X
		Chrysomela sp. Linnaeus 1758	Vegetación	Fitófago	X	X	X
		Metriona sp Weise 1896	Vegetación	Fitófago	X	X	X
		Stolas sp. Billberg 1820	Vegetación	Fitófago	X	X	X
		Deloyala guttata Olivier 1790	Vegetación	Fitófago	X	X	X
	Cerambycidae	*Mionocroma aureotinctum* Bates 1870	Vegetación	Fitófago	X	X	
		Placosternus erythropus Chevrolat 1835	Vegetación	Fitófago	X	X	
		Placosternus sp. Hopping 1937	Vegetación	Fitófago	X	X	
		Rhopalophora cupricollis Guérin-Méneville 1844	Vegetación	Fitófago			X
		Taeniotes scalaris Fabricius 1781	Vegetación	Fitófago	X	X	
		Neoclytus augusti Chevrolat 1835	Vegetación	Fitófago			X
	Lampyridae	*Aspisoma diaphana* Gorham 1880	Vegetación	Depredador	X	X	X
		Photuris sp. Dejean 1833	Vegetación	Depredador	X	X	X

	Tenebrionidae	*Strongylium auratum* Laporte 1840	Vegetación	Depredador	X	X	X
		Strongylium hemistriatum Triplehorn & Spilman 1973	Vegetación	Depredador	X	X	X
	Melolonthidae	*Phyllophaga* sp. Harris 1827	Vegetación	Fitófago	X	X	
		Euphoria sepulcralis leucographa G. & Percheron 1833	Vegetación	Fitófago	X	X	
Lepidoptera	Hisperiidae	*Urbanus teleus* Hübner 1821	Vegetación	Fitófago	X	X	X
		Urbanus esmeraldus Butler 1877	Vegetación	Fitófago	X	X	X
	Nymphalidae	*Anartia fatima fatima* Fabricius 1793	Vegetación	Fitófago	X	X	X
		Anartia jatrophae Linnaeus 1763	Vegetación	Fitófago	X	X	X
		Chlosyne janais janais Drury 1782	Vegetación	Fitófago	X	X	X
		Chlosyne rosita Hall 1924	Vegetación	Fitófago	X	X	X
		Poladryas sp. Bauer 1975	Vegetación	Fitófago	X	X	X
		Hamadryas februa ferentina Godart 1824	Vegetación	Fitófago	X	X	
		Myscelia ethusa ethusa Doyére 1840	Vegetación	Fitófago	X	X	X
	Papilionidae	*Heliconius charitonia vazquezae* Comst. & Brown 1950	Vegetación	Fitófago	X	X	X
		Heliconius erato petiverana Doubleday 1847	Vegetación	Fitófago	X	X	X
		Protographium epidaus epidaus Doubleday 1846	Vegetación	Fitófago	X	X	
		Protographium philolaus philolaus Boisduval 1836	Vegetación	Fitófago	X	X	
		Papilio astyalus phallas Grey 1853	Vegetación	Fitófago	X	X	X
	Tortricidae	*Platynota rostrana* Walker 1863	*Vanilla sp.*	Fitófago	X	X	X
	Morphidae	*Morpho* sp. Fabricius 1807	Vegetación	Fitófago	X		
	Pieridae	*Phoebis* sp. Hübner 1819	Vegetación	Fitófago	X	X	X
		Ascia monuste monuste Linnaeus 1764	Vegetación	Fitófago	X	X	X
		Zerene cesonia Stoll 1790	Vegetación	Fitófago	X	X	X
Hemiptera							
Heteroptera	Pentatomidae	*Nezara viridula* Linnaeus 1758	Vegetación	Fitófago	X		
		Euschistus sulcacitus Rolston 1971	Vegetación	Fitófago	X	X	X
		Proxys punctulatus Palisot 1818	Vegetación	Fitófago	X		X
		Acrosternum sp. Fieber 1860	Vegetación	Fitófago	X	X	X
		Chlorocoris sp. Spinola 1837	Vegetación	Fitófago	X		
	Miridae	*Tenthecoris confusus* Hsiao & Sailer 1947	*Vanilla sp.*	Parasito	X	X	X
	Lygaeidae	*Melanopleurus belfragei* Stàl 1874	Vegetación	Fitófago		X	X
		Torvochrimnus striatus Fabricius 1803	Vegetación	Fitófago		X	X
	Pyrrhocoridae	*Dysdercus mimus* Say 1832	Vegetación	Fitófago	X	X	X
		Dysdercus sp. Guérin-Méneville 1831	Vegetación	Fitófago	X	X	X
		Burtinus notatipennis Stàl 1859	Vegetación	Fitófago	X	X	X
	Coreidae	*Acanthocephala* sp. Laporte 1833	Vegetación	Fitófago	X	X	X
	Aphididae	*Aphis gossypii* Glover 1877	Vegetación	Fitófago		X	
Homoptera	Pseudococcidae	*Planococcus citri* Risso 1813	Vegetación	Fitófago		X	X
		Maconelicoccus hirsutus Green 1908	Vegetación	Fitófago		X	X
Blattodea	Blattidae	*Periplaneta americana* Linnaeus 1758	Vegetación	Polífago	X	X	X
	Blaberidae	*Panchlora nívea* Linnaeus 1758	Vegetación	Polífago	X	X	
Orthoptera	Gryllidae	*Gryllus assimilis assimilis* Fabricius 1775	Vegetación	Fitófago	X	X	X
		Paroecanthus sp. Sharov 1968	Vegetación	Fitófago	X	X	
	Tettigoniidae	*Anaulocomera acutangulata* Márquez 1965	Vegetación	Fitófago	X	X	
		Pyrgocorypha sp. Stàl 1873	Vegetación	Fitófago	X	X	
		Stilpnochlora marginella Serville 1838	Vegetación	Fitófago	X	X	
		Stilpnochlora thoracica Serville 1831	Vegetación	Fitófago	X	X	
		Conocephalus fasciatus De Geer 1773	Vegetación	Fitófago	X	X	X
		Conocephalus cinereus Thunberg 1815	Vegetación	Fitófago	X	X	X
Phasmida	Heteronemiidae	*Megaphasma* sp. Caudell 1903	Vegetación	Fitófago	X		
Mantodea	Mantidae	*Stagmomantis carolina* Johanson 1763	Vegetación	Depredador	X	X	
		Stagmatoptera sp. Burmeister 1838	Vegetación	Depredador	X	X	
		Pseudovates sp. Saussure 1869	Vegetación	Depredador	X	X	
Hymenoptera	Apidae	*Apis mellifera* Linnaeus 1758	Vegetación	Nectarívoro	X	X	X

		Tetrapedia sp. Klug 1810	Vegetación	Nectarívoro	X		
		Bombus sp. Latreille 1802	Vegetación	Nectarívoro		X	
		Melipona beecheii Bennett 1831	*V. planifolia*	Nectarívoro	X	X	X
		Nannotrigona perilampoides Cresson 1878	*V. planifolia*	Nectarívoro	X	X	
		Scaptotrigonna mexicana Guérin-Méneville 1845	*V. planifolia*	Nectarívoro	X	X	
		Plebeia frontalis Friese 1911	Vegetación	Nectarívoro	X		
		Euglossa viridissima Friese 1899	*V. planifolia*	Nectarívoro	X	X	X
		Eulaema meriana Olivier 1789	*V. pompona*	Nectarívoro		X	
		Eulaema polychroma Mocsáry 1899	*V. pompona*	Nectarívoro		X	
		Eulaema cingulata Fabricius 1804	*V. pompona*	Nectarívoro		X	
	Halictidae	*Augochlora* sp. Smith 1853	Vegetación	Nectarívoro	X		
	Vespidae	*Polistes instabilis* de Saussure 1853	*Vanilla sp.*	Depredador	X	X	X
		Polistes carnifex Fabricius 1775	Vegetación	Depredador	X	X	
	Braconidae	*Atanycolus* sp. Föerster 1862	Vegetación	Parasitoide	X	X	X
	Ichneumonidae	*Lymeon* sp. Föerster 1869	Vegetación	Parasitoide	X	X	X
	Formicidae	*Pseudomyrmex gracilis* Fabricius 1804	Tutor	Depredador	X	X	X
		Pseudomyrmex pallidus Smith 1855	Tutor	Depredador	X	X	X
		Eciton burchelli parvispinum Forel 1899	Vegetación	Depredador	X		
		Camponotus mus mus Roger 1863	Tutor	Fitófago	X	X	X
		Camponotus senex Smith 1858	Tutor	Fitófago	X	X	X
		Camponotus brettesi brettesi Forel 1899	Tutor	Fitófago	X	X	X
		Camponotus atriceps atriceps Smith 1858	Tutor	Fitófago	X	X	X
		Camponotus novogranadensis Mayr 1870	Tutor	Fitófago	X	X	X
		Camponotus planatus planatus Roger 1863	Tutor	Fitófago	X	X	X
		Odontomachus brunneus Patton 1894	Vegetación	Depredador	X	X	
		Cephalotes minutus Fabricius 1804	*Vanilla* sp.	Fitófago	X	X	X
		Crematogaster crinosa Mayr 1862	*Vanilla* sp.	Fitófago	X	X	X
		Solenopsis sp. Westwood 1840	Tutor	Fitófago			X
		Ectatomma tuberculatum Olivier 1792	Tutor	Depredador	X	X	X
Neuroptera	Chrysopidae	*Chrysopa* sp. Leach 1815	Vegetación	Depredador	X	X	X
Arachnida							
Araneae	Nephiliidae	*Nephila clavipes clavipes* Linnaeus 1767	Vegetación	Depredador	X	X	
		Nephila clavipes fasciculata De Geer 1778	Vegetación	Depredador	X	X	
	Araneidae	*Micrathena sagittata* Walkenaer 1841	Vegetación	Depredador	X	X	X
		Gasteracantha cancriformis cancriformis Linnaeus 1758	Vegetación	Depredador	X	X	X
		Argiope argentata Fabricius 1775	Tutor	Depredador	X	X	X
		Araneus sp. Clerck 1757	Tutor	Depredador	X	X	X
	Tetragnathidae	*Leucauge argyra* Walckenaer 1841	Tutor	Depredador	X	X	X
		Leucauge venusta Walckenaer 1841	Tutor	Depredador	X	X	X
	Salticidae	*Lyssomanes* sp. Hentz 1845	Vegetación	Depredador	X	X	
	Dinopidae	*Deinopis* sp. MacLeay 1839	Vegetación	Depredador	X	X	

En la figura 2 y cuadro 1 se presenta el total de familias (38), géneros (92) y especies (114) por Orden de artrópodos colectados en las tres parcelas; de 10 órdenes, los más representados por el número de familias fueron Coleoptera (18.42%) y Hemiptera con 7 (18.42%), Lepidoptera e (15.78%), Hymenoptera con 6 (15.78%) y Araneae con 5 (13.15%) respectivamente. Los órdenes con menor número de familias fueron Blattodea (5.26%) y Orthoptera con 2 (5.26%) y con una familia los órdenes Phasmatodea (2.63%), Mantodea (2.63%) y

Neuroptera (2.63%). Relativo a los géneros (fig. 2), el mayor número se registró en los órdenes Coleoptera (23.91%) e Hymenoptera (23.91%) con 22, seguidos de los órdenes Lepidoptera y (15.21%) Hemiptera (15.21%) con 14, Araneae con 8 (8.69%), Orthoptera con 6 (6.52%), Blattodea con 2 (2.17%), Mantodea con 2 (2.17%) y con una especie los órdenes Phasmatodea (1.08%) y Neuroptera (1.08%); a nivel de especies el mayor número lo registraron los órdenes Hymenoptera con 30 (26.31%), Coleoptera con 25 (21.92%), Lepidoptera 19 (16.66%), Hemiptera 15 (13.15%) y Araneae con 10 (8.77%); con menos especies los órdenes Orthoptera con 8 (7.01%), Mantodea con 3 (2.6%), Blattodea con 2 (1.75%), y con una especie los Ordenes Phasmatodea (0.87%) y Neuroptera (0.87%) respectivamente.

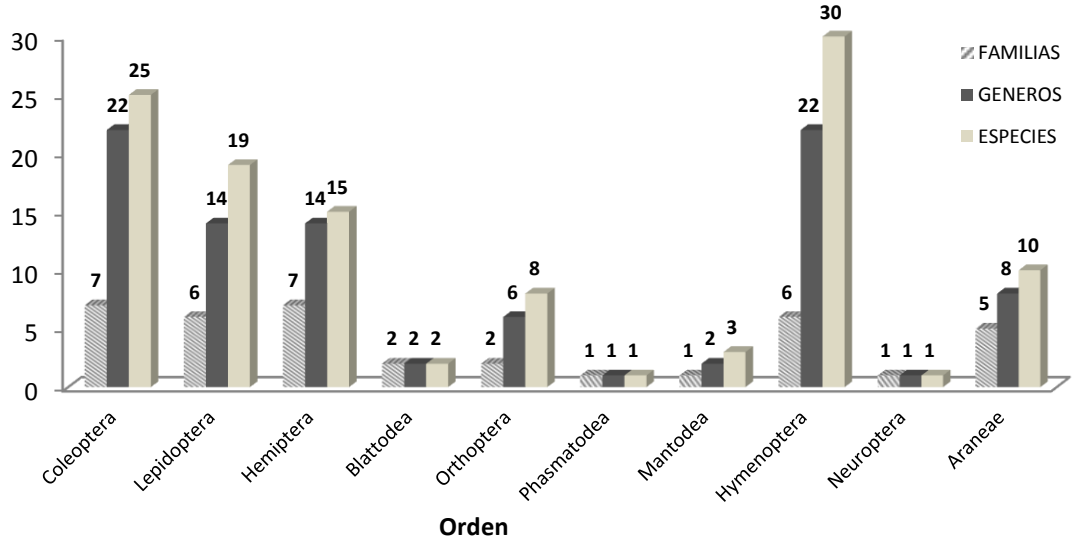


Figura 2. Total de familias, géneros y especies por Orden taxonómico de la comunidad de artrópodos asociados al agroecosistema vainilla en el Totonacapan. 2012.

7.2.2 Estructura trófica y asociación

Para conocer la estructura trófica de artrópodos asociados al agroecosistema vainilla (Cuadro 2 y Figura 3), de las 114 especies identificadas, 87 se identificaron como asociadas a la vegetación (76.32%), 13 directamente a *Vanilla* sp (11.4%) y 14 al tutor (12.28%). con un total 6 grupos funcionales de los cuales el más frecuente con 70 especies (61.39%) fue el grupo de los fitófagos; con 27 (23.58%) los depredadores, 12 (10.53%) los nectarívoros, 2 parasitoides (1.75%), 1 (0.87%) como parásitos y 2 (1.75%) polífagos.

En el cuadro 3 se muestra el número de especies por parcela y el respectivo porcentaje con el cual contribuyen al total, ya sea en asociación a *Vanilla* sp, al tutor o a la maleza así como los grupos funcionales de las comunidades de artrópodos de las tres parcelas en el Totonacapan. Del total de especies colectadas en las parcelas, entre el 70% y 77% se determinaron como asociadas a la vegetación circundante o maleza, entre 11% y 13% a *Vanilla* sp. y entre 13% y 19% a los tutores.

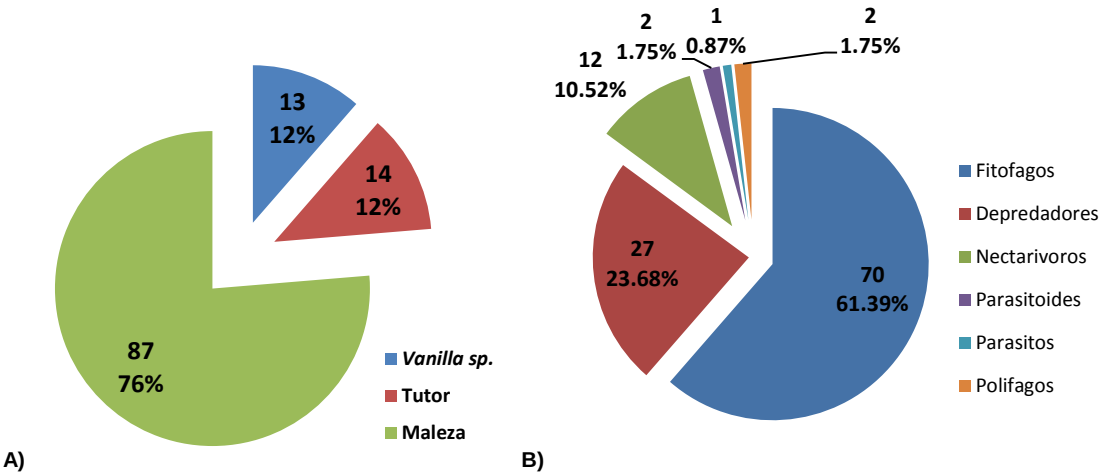


Figura 3. Total de especies y porcentaje de artrópodos colectados en las tres parcelas de estudio en el Totonacapan, 2012: A) Asociado a vegetación y B) Grupos funcionales.

Cuadro 3. Grupos funcionales y asociación de artrópodos por parcela de estudio en el Totonacapan. 2012.**1°M**: Ejido 1° de Mayo, Papantla. **T**: Caracoles, Tenampulco. **SR**: Calle Grande, San Rafael.

Parcelas	**T**		**1ºM**		**SR**	
Grupos funcionales	**(S)**	**%**	**(S)**	**%**	**(S)**	**%**
Fitófagos	62	60.7%	61	59.8%	49	66.2%
Depredadores	28	27.4%	27	26.4%	18	24.3%
Nectarívoros	7	6.8%	9	8.8%	3	4%
Parasitoides	2	1.9%	2	1.9%	2	2.7%
Parásitos	1	.9%	1	.9%	1	1.35%
Polífagos	2	1.9%	2	1.9%	1	1.35%
Total	102	100%	102	100%	74	100%
Asociado a:	**T**		**1ºM**		**SR**	
***Vanilla* sp.**	13	13%	10	10%	8	11%
Vegetación	76	74%	79	77%	52	70%
Tutor	13	13%	13	13%	14	19%
Total	102	100%	102	100%	74	100%

Del total de artrópodos identificados entre las tres parcelas del 59% al 66% son fitófagos, 24% al 27% son depredadores, 4% al 8% nectarívoros, 1.9% al 2.7% parasitoides, 1.35% al 1.9% polífagos y .9% al 1.35% parásitos.

El grupo de los fitófagos que, incluyo especies de 5 órdenes Coleoptera (18), Lepidoptera (18), Hemiptera (14), Orthoptera (8) y Phasmatodea (1), 18 familias y 58 géneros y 69 morfoespecies fue el que presento mayores porcentajes así como número de especies en las tres parcelas seguido del grupo de los depredadores que incluyo también 5 órdenes: Araneae (10), Mantodea (3), Coleoptera (7), Hymenoptera (7) y Neuroptera (1); el grupo de los nectarívoros incluyo especies del orden Hymenoptera (12); y con 2 morfoespecies los grupos de parasitoides del orden Hymenoptera, los polífagos del orden Blattodea y el parasito del órden Hemiptera (Cuadro 4).

Cuadro 4. Grupos funcionales: total de órdenes, familias, géneros y especies por grupo funcional de las parcelas de estudio en el Totonacapan 2012.

Grupos funcionales	Ordenes (No familias)		Familias		Géneros	Especies
	Total		Total		Total	Total
Fitófagos	5	Hemiptera (6) Coleoptera (5) Lepidoptera (6) Orthoptera (2) Phasmatodea (1)	19	Pentatomidae, Lygaeidae, Pyrrhocoridae, Coreidae, Aphididae, Pseudococcidae, Coccinellidae, Chrysomelidae, Melolonthidae, Cerambycidae, Hisperiidae, Nymphalidae, Papilionidae, Morphidae, Pieridae, Tortricidae Tettigoniidae, Gryllidae, Phasmidae,	59	70
Depredadores	5	Coleoptera (4) Hymenoptera (2) Araneae (4) Neuroptera (1) Mantodea (1)	12	Lycidae, Coccinellidae, Lampyridae, Tenebrionidae, Vespidae, Formicidae, Tetragnathidae, Araneidae, Salticidae, Dinopidae, Chrysopidae, Mantidae,	24	27
Nectarívoros	1	Hymenoptera (2)	2	Apidae, Halictidae	9	12
Parasitoides	1	Hymenoptera (2)	2	Braconidae, Ichneumonidae	2	2
Parásitos	1	Hemiptera (1)	1	Miridae,	1	1
Polífagos	1	Blattodea (2)	1	Blattidae, Blaberidae	2	2

7.2.3 Abundancia

Se colectaron un total de 3052 artrópodos asociados a las tres parcelas del agroecosistema vainilla; se registraron 1421 individuos en 1° de Mayo, 988 en Tenampulco y 643 en San Rafael (Figura 4).

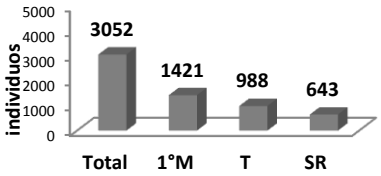


Figura 4. Abundancia total de individuos y por parcela de estudio en el Totonacapan 2012. (**T**: Tenampulco. **1°M**: 1° de Mayo. **SR**: San Rafael).

Respecto a la abundancia total, por cada una de las parcelas y la sumatoria de estas por mes de muestreo (Figura 5); los meses de mayor abundancia por parcela así como en la sumatoria total fueron abril (397), mayo (609), junio (531) y julio (517); en contraste los meses de menor abundancia fueron febrero (180), marzo (200) y diciembre (267); relativo a la abundancia por parcelas, la que mostro la mayor de manera general a lo largo del estudio fue la parcela de 1º de mayo seguida de la parcela de Tenampulco y con los menores valores la parcela de San Rafael; las máximas abundancias se obtuvieron en los meses de abril, mayo, junio y julio en las tres parcelas; en 1º de Mayo se obtuvo un total de 195, 270, 252 y 242 respectivamente, en Tenampulco 105, 250, 137 y 146 y en San Rafael 97, 117, 124 y 119; de igual manera en los meses de febrero, marzo y diciembre se obtuvieron las mínimas para las tres parcelas; en 1º de Mayo 79, 88 y 120 respectivamente; en Tenampulco 67, 77 y 102 y 34, 35 y 45 en San Rafael.

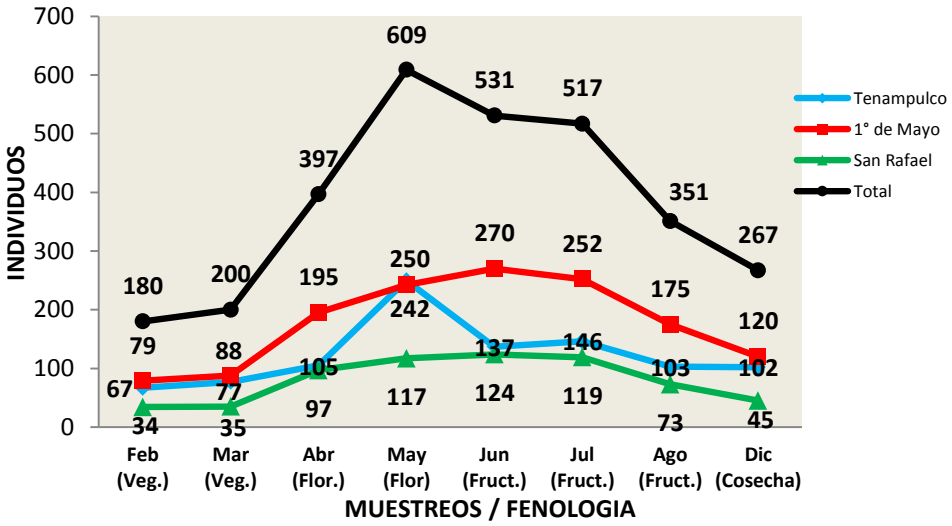


Figura 5. Abundancia total de individuos y de las 3 parcelas de estudio en relación a los meses de muestreo y la fenología del cultivo en el Totonacapan 2012. **Veg**.: vegetativo, **Flor**: floración, **Fruct**.: fructificación.

En la Figura 6 se muestra la distribución rango-abundancia de las tres parcelas; la parcela de 1° de Mayo muestra las mayores abundancias después Tenampulco y con las menores San Rafael, también se observa para las tres parcelas, 5 especies como las más abundantes, en Tenampulco estas corresponden a *A. gossypii* (61), *T. confusus* (55), *C. crinosa* (49), *M. belfragei* (37) y *N. perilampoides* (35); en 1° de Mayo a *C. crinosa*, (84), *T. confusus* (81), *E. burchelli* (47), *C. novogranadensis* (40) y *P. gracilis* (40); a diferencia en San Rafael las especies más abundantes fueron *C. montruozieri* (47), *P. citri* (39), *M. hirsutus* (36), *C. crinosa* (36) y *Solenopsis* sp. (34); se observa que solo *C. crinosa* está siempre presente entre las cinco especies más abundantes y en las tres parcelas.

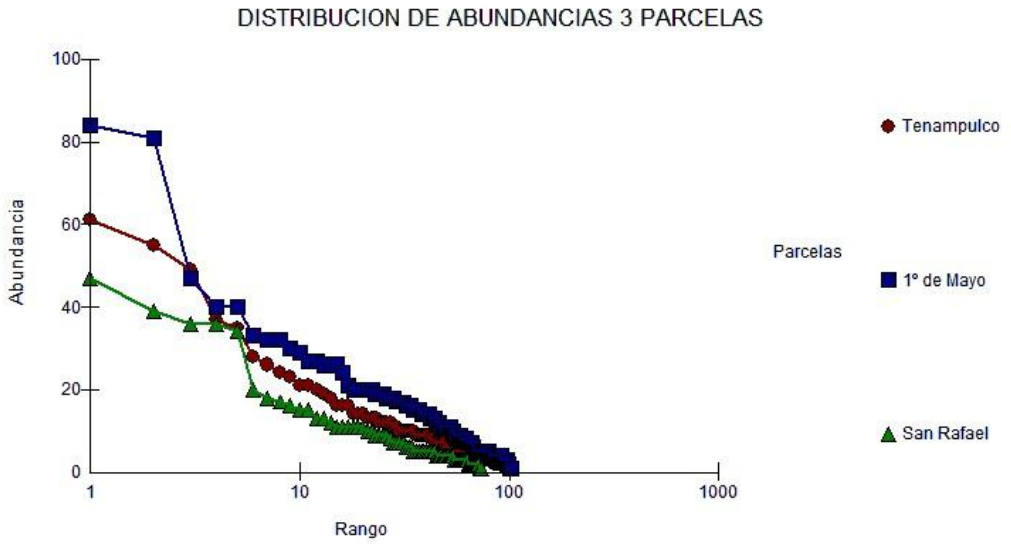


Figura 6.- Distribución Rango-Abundancia de artrópodos en las 3 parcelas en el Totonacapan 2012.

La abundancia total de la colecta (3052 ind.) resultó repartida en su mayoría (83.9%) entre cuatro órdenes; de la clase Hexapoda (Figura 7): del orden Hymenoptera con 962 individuos (31.5%) en 6 familias, 21 géneros y 30 especies; Lepidoptera con 664 (21.8%) en 6 familias, 14 géneros y 19 especies; Coleoptera con 479 (15.7%) en 8 familias, 22 géneros y 25 especies y Hemiptera con 454 (14.9%) en 7 familias, 14 géneros y 15 especies respectivamente; el resto (16.1%), resulto repartido entre 6 órdenes, Orthoptera con 229 individuos (7.5%), en 2 familias, 6 géneros y 8 especies; de la Clase Arachnida el orden Araneae con 158 individuos (5.18%) en 4 familias, 8 géneros y 10 especies; Blattodea con 58 (1.9%) en 2 familias, 2 géneros y 2 especies; Neuroptera con 29 (0.95%) en una especie; Mantodea con 16 (0.52%) en una familia, 2 géneros y 2 especies y Phasmatodea con solo 3 individuos (0.1%) de sola especie. Las especies con mayor abundancia total fueron *C. crinosa* (169) y la plaga *T. confusus* (154).

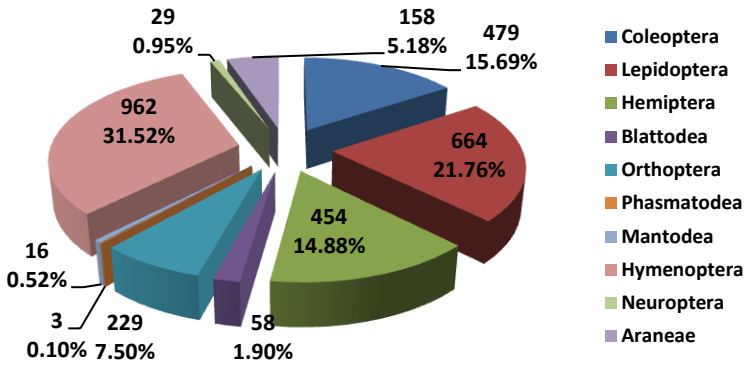


Figura 7. Abundancia total de individuos y contribución al porcentaje por Orden de artrópodos colectados en las tres parcelas en estudio en el Totonacapan 2012.

De la clase Hexapoda el orden Hymenoptera tiene la mayor representatividad de especies (Figura 8), con un total de 962 ind. aporta el 31.5% al total con 30 especies en seis familias; la que mayor abundancia total y por especie mostro fue la familia Formicidae (763) compuesta por depredadores y fitófagos; como las especies más abundantes *C. crinosa* (169), *P. gracilis* (83,) *P. pallidus* (63), *C. novogranadensis* (71), *C. minutus* (72) y *E. tuberculatum* (71); las demás especies de los géneros *Camponotus*, *Eciton*, *Cephalotes*, *Odontomachus* y *Solenopsis* con abundancias entre 12 y 48 ind. La familia con mayor abundancia después de Formicidae fue Apidae (105), en su mayoría nectarívoros, de estos, con la mayor abundancia las especies *N. perilampoides* (49), *E. polychroma* (15) y *A. mellifera* (10); y menor abundancia por especie (menos de 10 ind.) las especies *M. beecheii*, *S. mexicana* y *P. frontalis* así como *E. viridissima*, *E. cingulata* y *E. meriana* y las especies *Tetrapedia* sp. y *Bombus* sp. Las abundancias totales de las familias restantes fueron las siguientes: 40 para el parasitoide *Lymeon* sp (Ichneumonidae), 26 para los depredadores de la familia Vespidae *P. instabilis* y *P. carnifex*, 25 para el parasitoide de la familia Braconidae *Atanycolus* sp. y 3 para el nectarívoro de la familia Halictidae *Augochlora* sp.

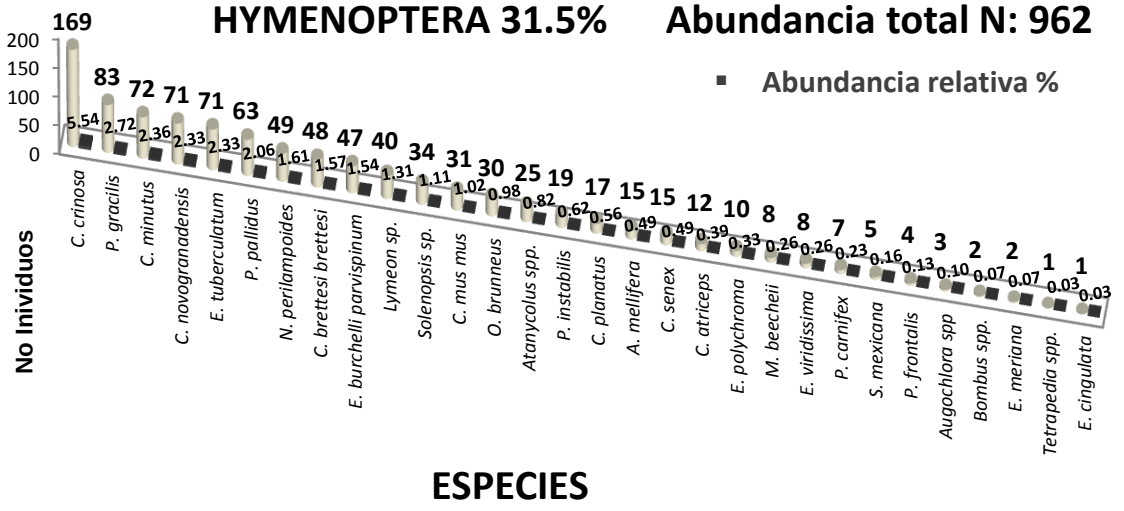


Figura 8. Abundancia total (N) y relativa (%) del orden Hymenoptera por especies en el agroecosistema vainilla en el Totonacapan 2012.

En el orden Lepidoptera (Figura 9), con un total de 664 individuos contribuye con 21.8% al total de la muestra; se identificó 19 especies todas fitófagas, las que mayor abundancia registraron fueron *U. teleus*, *U. esmeraldus* (Hisperiidae), *A. fatima fatima* y *A. jatrophae* (Nymphalidae); entre las 5 especies de la familia Papilionidae se reportan abundancias que oscilan entre 42 la máxima (*H. charitonius v*.) y 20 la mínima (*P. philolaus*); respecto a la famila Pieridae se registró abundancias entre 41 (*A. monuste*) y 31 (*Z. cesonia*); de la familia Nymphalidae *C. janais* registro 41 ind., 32 para *H. februa ferentina*, 27 para *M. ethusa ethusa* y 25 para *Poladryas* sp.; de la familia Tortricidae *P. rostrana* con 29 ind. y finalmente se encuentran las especies con menor abundancia por un lado el único representante de la familia Morphidae *Morpho* sp. con 17 el cual se reporta únicamente en la parcela de 1º de Mayo; y de la familia Nymphalidae *C. rosita* con 11 individuos.

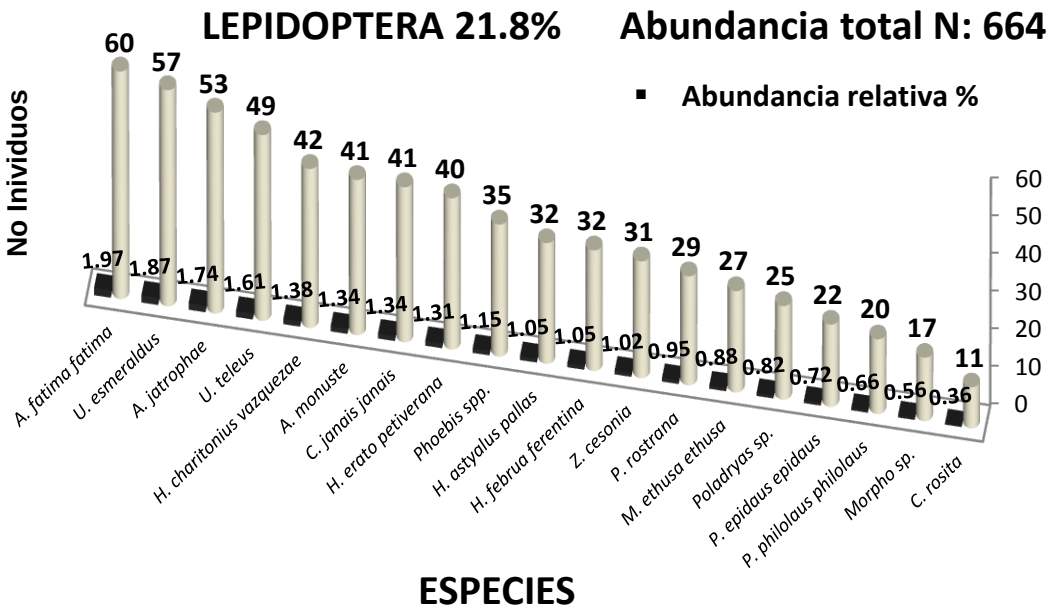


Figura 9. Abundancia total (N) y relativa (%) del orden Lepidoptera por especies en el agroecosistema vainilla en el Totonacapan 2012.

El orden Coleoptera (Figura 10) con un total de 479 individuos aporta 15.1% al total; se identificaron 25 especies y 8 familias; reportados con la mayor abundancia fueron los depredadores *C. montrouzieri* (Coccinelidae) con 54 y *C, reticulatum* (Lycidae) con 52; seguidos de *A. diaphana* (33) y *Photuris* sp (25) ambos depredadores de la familia Lampyridae; en la familia Chrysomelidae integrada por fitófagos las mayores abundancias (33) las registraron *O. cyanipennis octomaculata* y *Chrysomela* sp. seguidos de *Chelymorpha* sp. (19), *D. undecimpunctata* y *Dysonicha* sp. con 18 y *C. sexpunctata* (17); de la misma familia, los fitófagos registran: *Stolas* sp. (30) seguido de *M. bicolor* (18) y *D. guttata* (17); en la familia Cerambycidae también fitófagos, la mayor la registra *R. cupricollis* (10) especie únicamente reportada en San Rafael seguida por *T. scalaris* (9), *P. erythropus* (9), *Placosternus* sp. (7) y con 5 ind. *M. aureotinctum* y *N. augusti*; de la familia Tenebrionidae los depredadores *S. auratum* (21) y *S. hemistriatum* (14); con 13 ind. el fitófago *Phyllophaga* sp. (Melolonthidae:) y el depredador *C. discrepans* (Lycidae); finalmente con 4 ind. *E. tredecimnotata* (Coccinelidae) y *E. limatula* con 2 ind. ambos fitófagos.

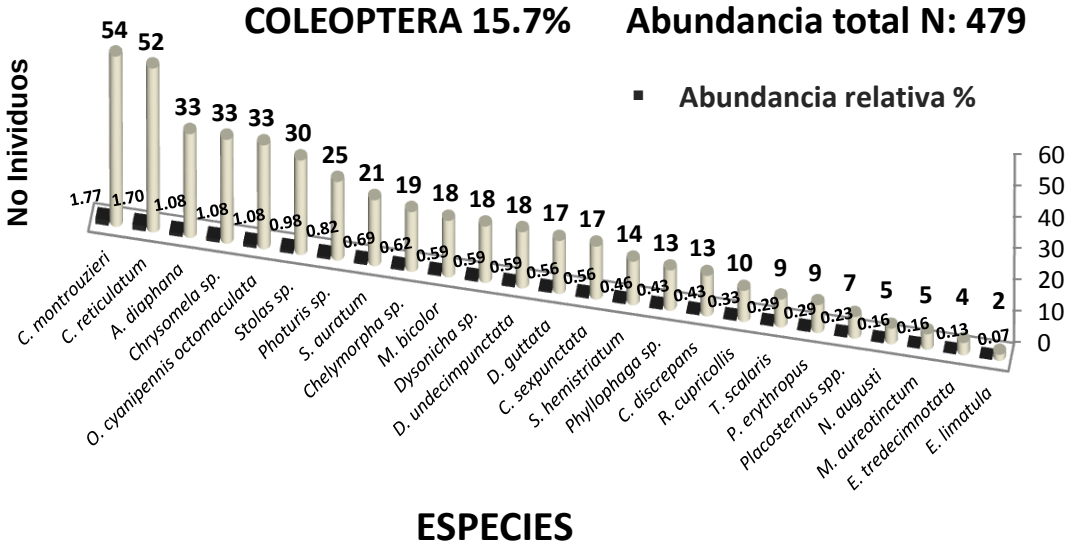


Figura 10. Abundancia total (N) y relativa (%) del orden Coleoptera por especies en el agroecosistema vainilla en el Totonacapan 2012.

En el orden Hemiptera (Figura 11), con un total de 454 individuos, contribuye con el 14.9% al total de la muestra; de las 7 familias y 15 especies todas identificadas como fitófagas, la mayor abundancia con 154 individuos la registró al parasito, la reconocida plaga *T. confusus* único representante de la familia Miridae; reportada en las tres parcelas en estudio; después de la familia Aphididae con 61 ind. *A. gosypii*; de la familia Pseudococcidae *P, citri* con 43 y *M. hirsutus* con 38; en la familia Lygaeidae se reportan *M. belfragei* con 40 y *T. striatus* con 28; para la familia Pentatomidae se registró abundancias iguales para *E. sulcacitus* (13) y *Acrosternum* sp. (13) así como para *N. viridula* (5) y *P. punctulatus* (5) y 4 para *Chlorocoris* sp.; de la familia Coreidae la única especie *Acantocephala* sp. registró 15 ind.; finalmente en la familia Pyrrhocoridae se registran 14 individuos para *B. notatipennis*, 8 para *D. mimus* y finalmente 7 para *Dysdercus* sp.

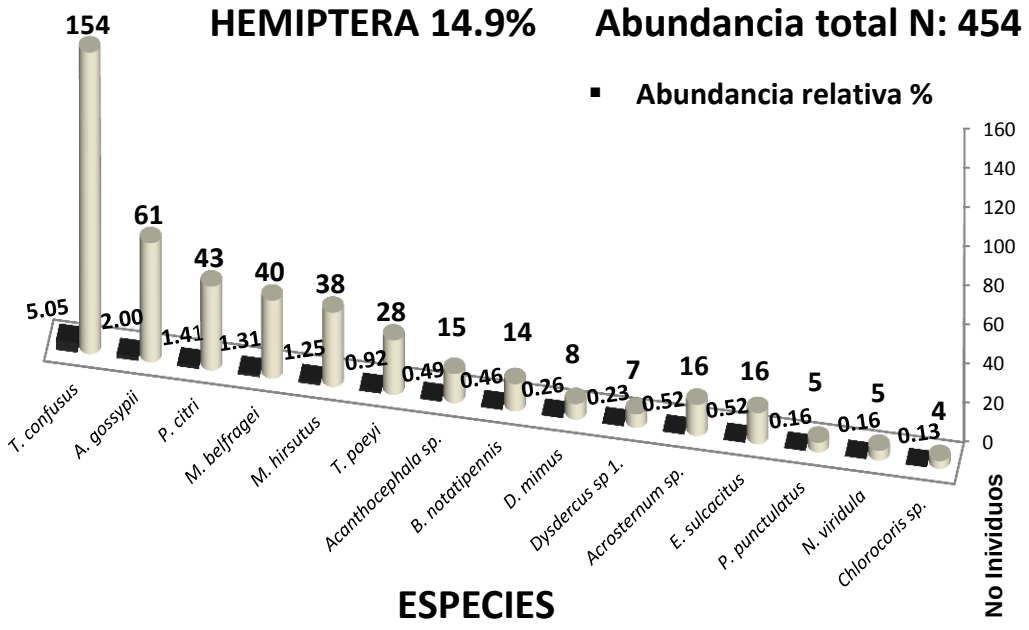


Figura 11. Abundancia total (N) y relativa (%) del orden Hemiptera por especies en el agroecosistema vainilla en el Totonacapan 2012.

Del orden Blattodea (Figura 12) se colectó un total de 58 individuos que aportan 1.9% al total; con 2 familias y 2 especies reconocidas como polífagas que registraron una abundancia de 44 individuos para *P. americana* y 14 para *P. nivea*; por otro lado del orden Mantodea con una familia y 3 especies reconocidas como depredadoras se colecto un total de 16 ind. aportando el 0.56% al total, mostro 8 individuos para *S. carolina*, 6 para *Stagmatoptera* sp. y 2 para *Pseudovates* sp.; del orden Neuroptera se identificó solo como depredador a *Chrysopa* sp. con un total de 29 individuos que aportan .95% al total. Finalmente del orden Phasmatodea con un total de 3 ind. contribuye con el 0.1% al total se identificó al fitófago *Megaphasma* sp.

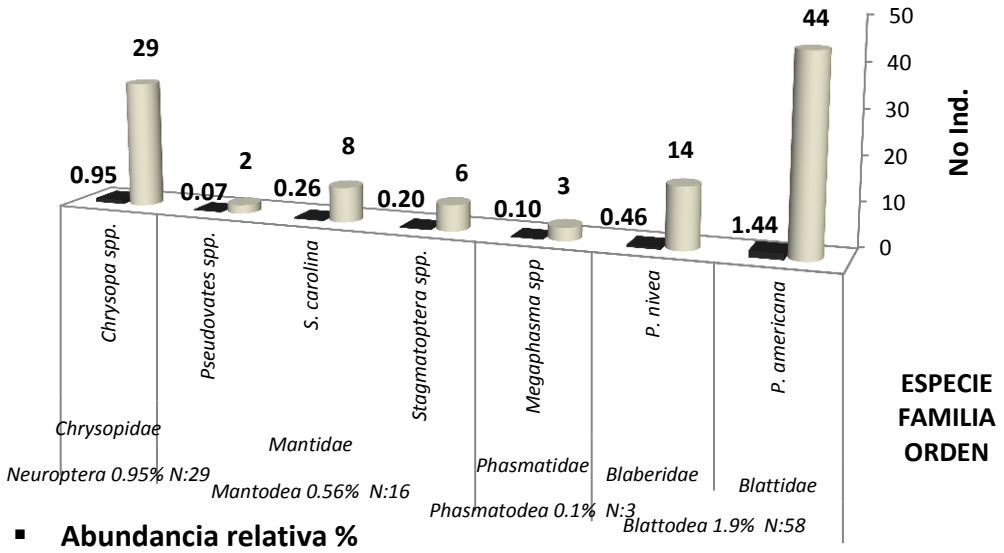


Figura 12. Abundancia total (N) y relativa (%) de los órdenes Blattodea, Phasmatodea, Mantodea y Neuroptera por especies y familias en el agroecosistema vainilla en el Totonacapan 2012.

El orden Orthoptera (Figura 13 A) con un total de 229 individuos contribuye con 7.5% al total se identificaron 2 familias y 8 especies, todas fitófagas, del total (N) 69 corresponden a *G. assimilis assimilis* y 39 a *Paroecanthus* sp., ambos de la familia Gryllidae; de la familia Tettigoniidae *A. acutangulata* con 32, *S. thoracica* con 25, *S. marginella* con 21, *C. fasciatus* con 19, *C. cinereus* con 16 y finalmente *Pyrgocorypha* sp. con 8 individuos.

De la clase Arachnida (Figura 13 B), con un total de 158 individuos contribuye con el 5.18% al total; del orden Araneae se reportan 4 familias y 10 especies, todas depredadoras, de los cuales el 78% corresponden a especies de la familia Araneidae; *M. sagittata* con 41, *G. cancrifomis* con 34, *A. argentata* con 16 seguida de *Araneus* sp. con 14, *L. argyra* con 12 y *L. venusta*. Un total de 7 individuos se registraron para para *N. clavipes* y *N. maculata* ambas especies de la familia Tetragnathidae, en la familia Salticidae *Lyssomanes* sp. registró 13 ind. y 7 para *Deinopis* sp. de la familia Dinopidae.

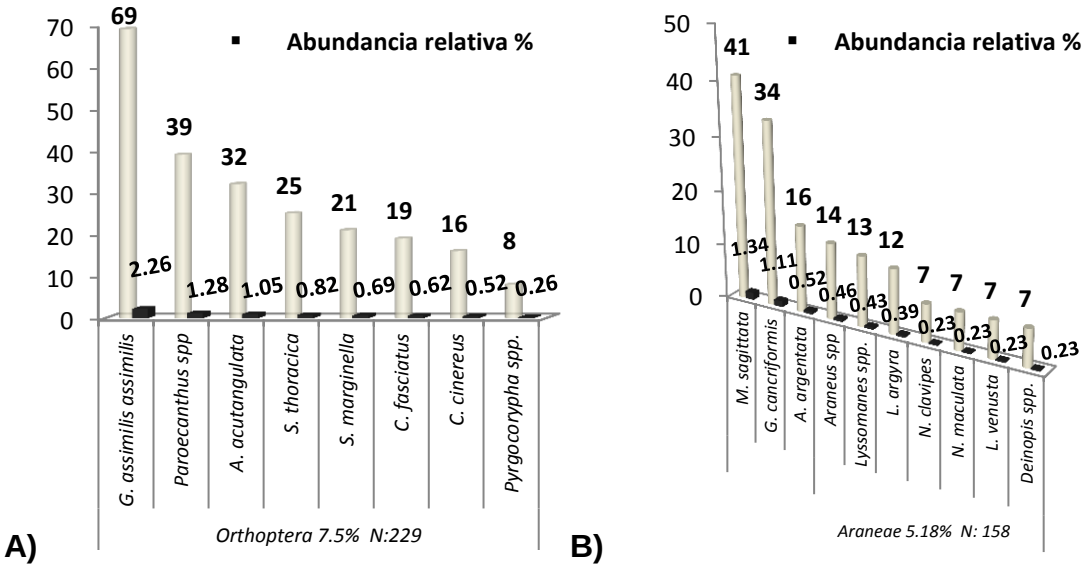


Figura 13. Abundancia total (N) y relativa (%) de Orthoptera (A) y Arachnida (B) por especies en el agroecosistema vainilla en el Totonacapan 2012.

7.2.4 Riqueza específica (S)

Se registró una riqueza total de 114 especies entre las tres parcelas, 102 en Tenampulco, 102 en 1° de Mayo y 74 en San Rafael; la riqueza estacional por muestreo (Figura 14) muestra que los meses de mayor riqueza tanto total como por parcela se registraron en los meses de abril, mayo, junio y julio coincidiendo fenológicamente con la floración de *Vanilla* sp. así como el inicio de la temporada de lluvias en la región del Totonacapan; en estos meses la riqueza total que se registro fue de 59, 102, 102 y 79 respectivamente; en la parcela de Tenampulco los valores máximos que se registrados fueron 42, 88, 79 y 64 en dichos meses; en 1º de Mayo se registró 53, 81, 90 y 73 y en San Rafael 39, 57, 50 y 52; en contraste los meses de menor riqueza fueron; febrero, marzo y diciembre coincidiendo con la época de estiaje y “nortes” en la región registrándose un total de 24, 30 y 53 respectivamente; para Tenampulco 19, 22 y 46; 22, 27 y 43 para 1º de Mayo siendo la parcela de San Rafael la de menor riqueza de las tres con 17, 19 y 24 especies. La riqueza en el mes de agosto en las tres parcelas muestra una disminución en relación a los meses que le preceden con 54 especies en Tenampulco, 58 en 1º de Mayo y 39 en

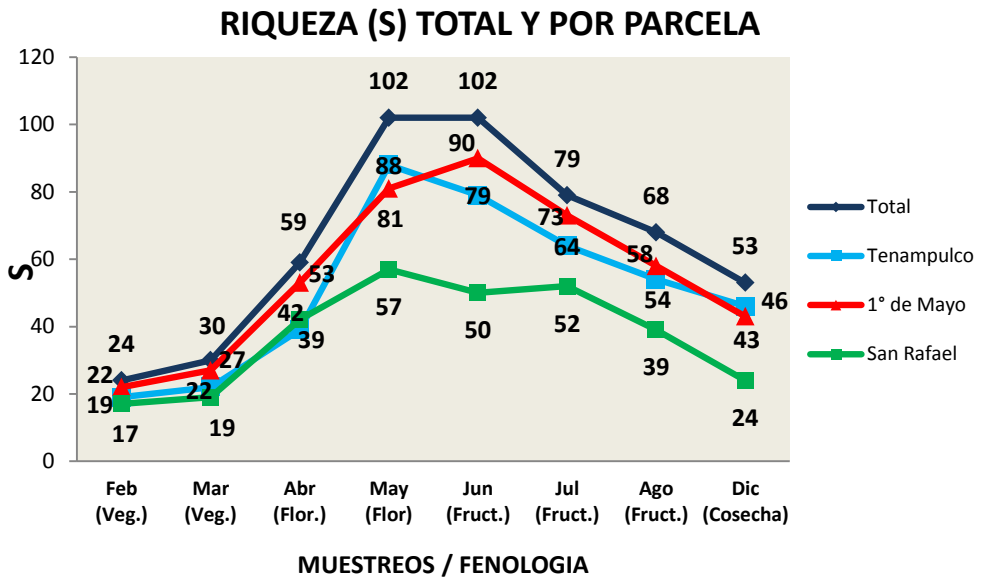


Figura 14. Riqueza (S) total y por parcela en relación a los muestreos y la fenología del cultivo en el agroecosistema vainilla en el Totonacapan 2012. **Veg**.: vegetativa, **Flor**.: floración, **Fruct**.: fructificación.

San Rafael sumando una riqueza total de 68 especies entre las tres parcelas esta misma tendencia se sostiene hasta diciembre; reportando un total de 53 especies entre las tres parcelas, en Tenampulco 46, 43 en 1º de Mayo y 24 en San Rafael. En febrero y marzo la riqueza total fue de 24 y 30 especies respectivamente. La figura 15 contrasta la abundancia (N) y la riqueza (S)

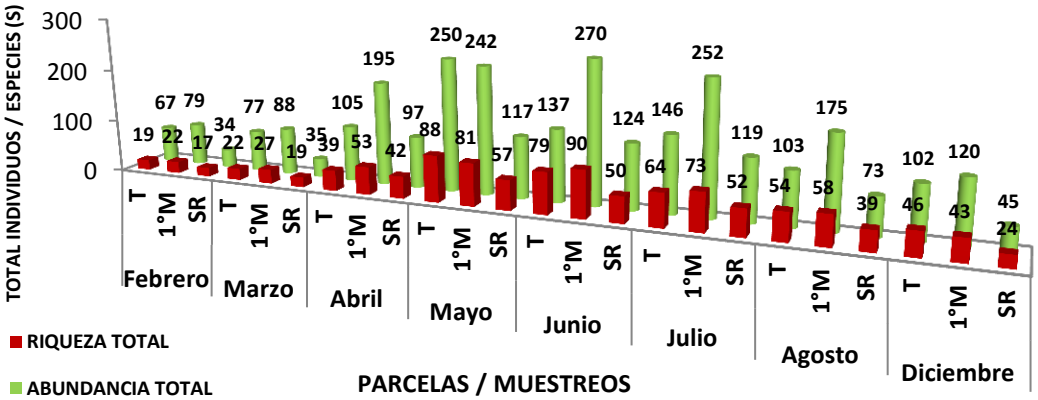


Figura 15. Riqueza (S) y abundancia de total de especies de artrópodos por parcela en relación a los muestreos en el Totonacapan 2012. (**T**: Tenampulco. **1°M**: 1° de Mayo. **SR**: San Rafael).

El estudio reveló una relación directamente proporcional entre las variables riqueza (S) y abundancia (N) (Figura 15); es decir, al aumentar la

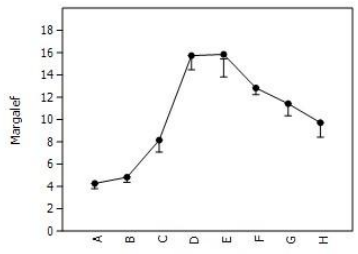
abundancia, aumenta la riqueza correspondiendo esto también con el periodo de aumento de temperatura, humedad y precipitaciones en la región del Totonacapan.

7.2.4.1 Margalef

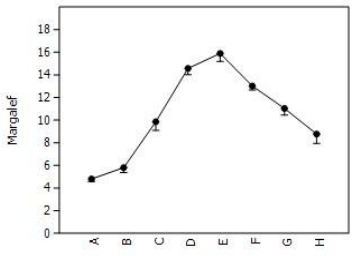
Con base en el índice de Margalef la comunidad de artrópodos de las tres parcelas presentan a lo largo del tiempo una distribución cercana a una distribución normal (cuadro 5 y figura 16) con un incremento en los meses de abril, mayo, junio y julio disminuyendo a partir de agosto conservando esa misma tendencia hasta el mes de Diciembre. En Tenampulco (figura 16A) y 1° de Mayo (figura 16B) el valor máximo de diversidad registrado fue en el mes de Junio (15.8 y 15.9); a diferencia de San Rafael (figura 16C) donde es en mayo donde se presenta mayor diversidad; Mayo (11.7); coincidiendo con la menor diversidad en el mes de Febrero en las tres parcelas (4.2, 4.8 y 4.5).

Cuadro 5. Índice de Margalef. Valores por parcela en relación a los muestreos en el Totonacapan 2012.

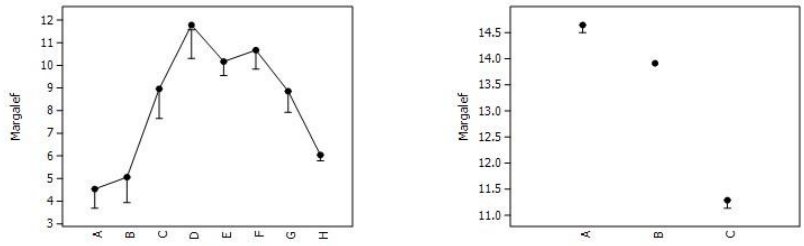
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
T	4.2	4.8	8.1	15.7	15.8	12.8	11.4	9.7
1° M	4.8	5.8	9.8	14.5	15.9	13	11	8.7
SR	4.5	5	8.9	11.7	10.1	10.6	8.8	6



A



B



C **D**

Figura 16. Riqueza (S). Índice de Margalef para las tres parcelas en relación a los muestreos y entre parcelas en el agroecosistema vainilla en el Totonacapan 2012. **A**: Tenampulco. **B**: 1º de Mayo. **C**: San Rafael. (A-H: muestreos). **D**: Entre parcelas (A: Tenampulco, B: 1º de Mayo, C: San Rafael). Cajas: medida de dispersión de Bootstrap (95%).

La comparación del índice de Margalef entre las tres comunidades (figura 19D) muestra mayor diversidad en Tenampulco (14.65) y 1° de Mayo (13.91) a diferencia de la parcela de San Rafael (11.29) resultando esta última con menor la diversidad.

7.2.4.2 Eficiencia del muestreo y estimación de la Riqueza (S)

Para evaluar la eficiencia del muestreo se realizó una curva de acumulación de especies y predicción de la riqueza específica (S) para cada una de las parcelas en estudio utilizando el modelo paramétrico de Clench así como los estimadores no paramétricos Jackknife 1 y Chao 1.

En la parcela de Tenampulco el modelo de Clench mostró una eficiencia del 98% considerando que solo hay 2 especies faltantes en el inventario, sin embargo, de los estimadores no paramétricos Jackknife 1 mostro una eficiencia del 91.07% considerando que faltan 10 especies y el estimador Chao 1 muestra una eficiencia del 89.47% indicando que faltan 12 especies por añadir (Cuadro 6 y Figura 17).

Cuadro 6. Eficiencia del muestreo en la parcela de Tenampulco expresado en % con base en estimadores paramétrico y no paramétricos.

Estimador	S colectadas	S esperadas	Diferencia	Eficiencia
Clench	102	105	2	98%
Jackknife 1	102	112	10	91.07%
Chao 1	102	114	12	89.47%

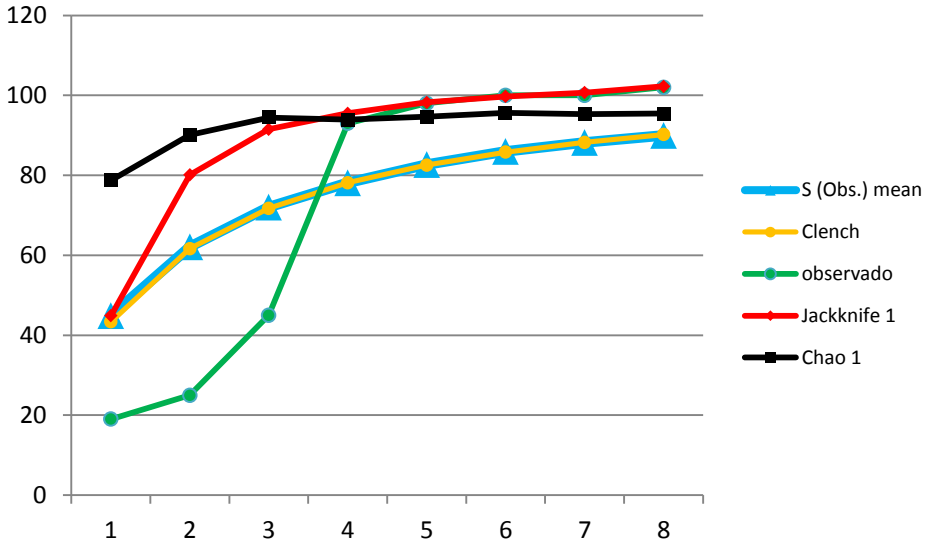


Figura 17. Curva de acumulación de especies de artrópodos colectados en la parcela de Caracoles, Tenampulco, Puebla con estimación de los modelos paramétrico y no paramétrico. **S (Obs) mean**: media ajustada de especies nuevas acumuladas observadas. **Clench**: valor de media del modelo. **observado:** especies colectadas. **Jackknife 1:** valores del estimador. **Chao1:** valores del estimador.

Para la parcela de 1º de Mayo el modelo de Clench mostro una eficiencia del 98% considerando que solo hay 2 especies faltantes en el inventario, sin embargo, de los estimadores no paramétricos Jackknife 1 mostro una eficiencia del 91.37% considerando que faltan 10 especies y el estimador Chao 1 muestra una eficiencia del 93.57% indicando que faltan 7 especies por añadir (Cuadro 7 y Figura 18).

Cuadro 7. Eficiencia del muestreo en la parcela de 1º de Mayo expresado en % con base en estimadores paramétricos y no paramétricos.

Estimador	S colectadas	S esperadas	Diferencia	Eficiencia
Clench	102	104	2	98%
Jackknife 1	102	112	10	91.37%
Chao 1	102	109	7	93.57%

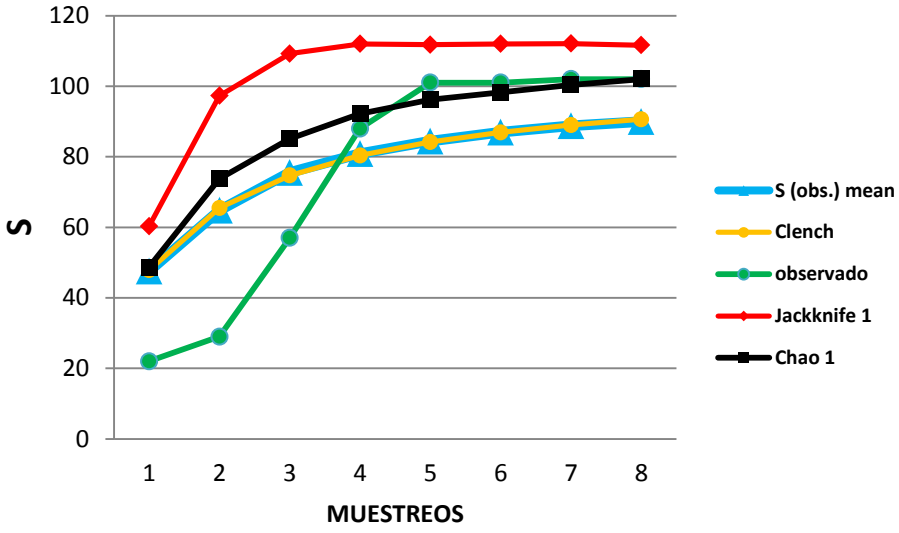


Figura 18. Curva de acumulación de especies de artrópodos colectados en la parcela del Ejido 1º de Mayo, Papantla, Veracruz con estimación de los modelos paramétrico y no paramétrico. **S(Obs) mean**: media ajustada de especies nuevas acumuladas observadas. **Clench**: valor de media del modelo. **observado:** especies colectadas. **Jackknife 1:** valores del estimador. **Chao1:** valores del estimador.

En la parcela de San Rafael el modelo de Clench hizo una sub estimación al predecir una riqueza de 59 especies siendo de 15 especies la diferencia; respecto a la riqueza observada, sin embargo; de los estimadores no paramétricos Jackknife 1 mostró una eficiencia del 93.37% considerando que faltan 5 especies y el estimador Chao 1 muestra una eficiencia del 90% indicando que faltan 10 especies por añadir (Cuadro 8 y Figura 19).

Cuadro 8. Eficiencia del muestreo en la parcela de San Rafael expresado en % con base en estimadores paramétrico y no paramétricos.

Estimador	S colectadas	S esperadas	Diferencia	Eficiencia
Jackknife 1	74	79	5	93.37%
Chao 1	74	84	10	90%

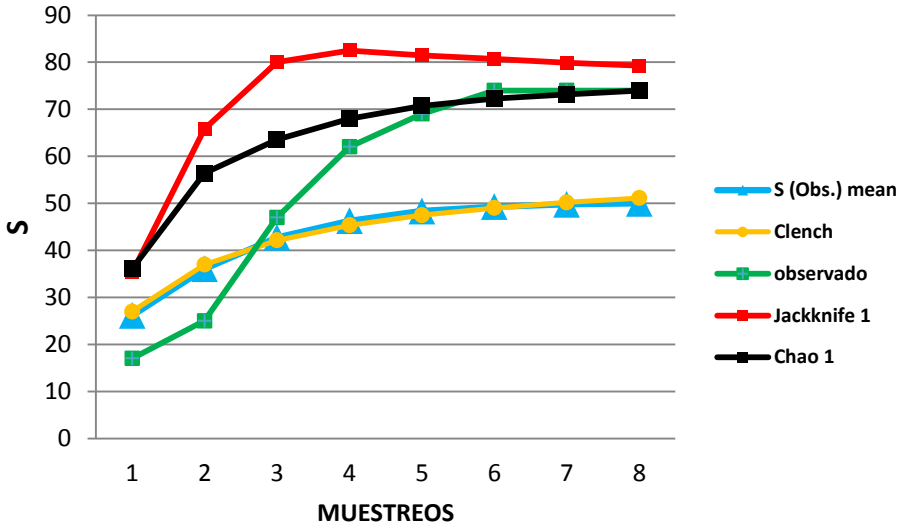


Figura 19. Curva de acumulación de especies de artrópodos colectados en la parcela de la localidad Calle Grande, San Rafael, Veracruz con estimación de los modelos paramétrico y no paramétrico. **S (Obs) mean**: media ajustada de especies nuevas acumuladas observadas. **Clench**: valor de media del modelo. **observado:** especies colectadas. **Jackknife 1:** valores del estimador. **Chao1:** valores del estimador.

Se estimó el esfuerzo de captura total (horas) por muestreo y por parcela de estudio (Cuadro 9) resultando en un total de 432 horas en campo; 144 por cada parcela; 54 por cada muestreo y 18 por parcela en cada muestra.

Cuadro 9. Esfuerzo de captura calculado en horas de muestreo durante el estudio en el Totonacapan 2012.

Parcelas	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Dic	Total h/parcela
Tenampulco	18	18	18	18	18	18	18	18	144
1º de Mayo	18	18	18	18	18	18	18	18	144
San Rafael	18	18	18	18	18	18	18	18	144
Total h/muestreo	54	54	54	54	54	54	54	54	432

7.2.5 Diversidad alfa (α)

Para la comunidad de artrópodos asociados al agroecosistema los valores de los índices de diversidad para cada parcela se resumen en el cuadro 5. Se observa que en relación a la Riqueza específica (S); las parcelas de Tenampulco y el ejido 1° de Mayo resultaron similares difiriendo de San Rafael por 28 especies; la mayor abundancia se registró en 1° de Mayo, después en Tenampulco y la menor en San Rafael; el índice de Margalef indica que la diversidad es mayor en Tenampulco, luego en 1° de Mayo y menor en San Rafael; aunque por otro lado la diversidad (equidad) según el índice de Shannon-Wiener (H'), indica que esta es mayor en 1º de Mayo después en Tenampulco y menor en San Rafael considerándose esta como alta para las tres parcelas; por otro lado el índice de Equitabilidad de Shannon-Wiener (J) muestra que es alta en las tres comunidades siendo también mayor en 1º de Mayo y la misma en Tenampulco y San Rafael; por consiguiente la Dominancia de acuerdo con el índice de Simpson (D) se considera como baja para las tres comunidades; resultando de mayor a menor, San Rafael como la más dominante luego Tenampulco y 1º de Mayo como las menos respectivamente; la diversidad de Simpson (1-D) indica que esta es alta en las tres parcelas; con la mayor en 1º de Mayo y la misma para Tenampulco como para San Rafael; por otro lado el reciproco de Simpson (1/D) como medida de diversidad indica que el número de especies igualmente requeridas y homogéneamente distribuidas para generar las características de la comunidad de artrópodos de la parcela de Tenampulco sería igual o equivalente a una con 46.1 especies; de la misma manera para 1° de Mayo seria de 52.2 y para San Rafael de 34.9 respectivamente.

Cuadro 10. Índices de Diversidad de la comunidad de artrópodos por parcela de estudio en el Totonacapan 2012. **T**: Tenampulco. **1°M**: 1° de Mayo. **SR**: San Rafael.

Variable / índice	T	1ºM	SR
Riqueza (S)	102	102	74
Abundancia	988	1421	643
Margalef	14.65	13.91	11.29
Shannon H' (ln)	4.19	4.27	3.9
Equitabilidad J	0.90	0.92	0.90
Dominancia de Simpson D	0.0216	0.0191	0.0286
Diversidad de Simpson 1-D	0.97	0.98	0.97
Reciproco de Simpson 1/D	46.1	52.2	34.9

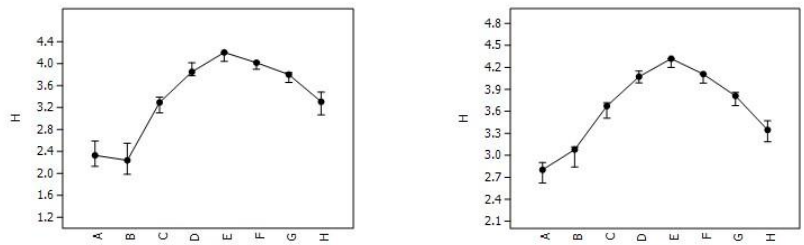
7.2.5.1 Equidad

7.2.5.1.1 Shannon-Wiener

El índice de Shannon-Wiener para la comunidad de artrópodos de las tres parcelas (cuadro 11 y figura 20) indica que la diversidad aumenta en los meses de abril a julio, con una disminución a partir del mes de agosto manteniendo esta tendencia hasta diciembre siendo este junto con febrero y marzo los meses de menor diversidad a lo largo del estudio. En 1º de Mayo (figura 20B) como en Tenampulco (figura 20A) la máxima diversidad se registró en junio en contraste la parcela de San Rafael (figura 20C) muestra los meses de mayo y julio como igualmente diversos.

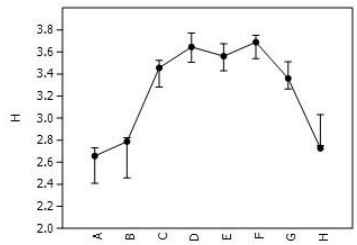
Cuadro 11. Índice de Shannon-Wiener (H'). Valores por parcela en relación a los muestreos en el Totonacapan 2012.

	1	2	3	4	5	6	7	8
T	2.3	2.2	3.2	3.8	4.2	4	3.8	3.3
1° M	2.8	3	3.6	4	4.3	4.1	3.8	3.3
SR	2.6	2.7	3.4	3.6	3.5	3.6	3.3	2.7

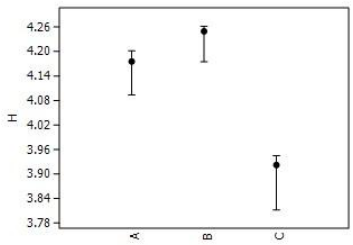


A

B



C



D

Figura 20. Equidad. Índice de Shannon-Wiener (ln) para las tres parcelas en relación a los muestreos y entre parcelas en el agroecosistema vainilla en el Totonacapan 2012. **A**: Tenampulco. **B**: 1º de Mayo. **C**: San Rafael. (A-H: muestreos). **D**: Entre parcelas

(A: Tenampulco, B: 1º de Mayo, C: San Rafael). Cajas: medida de dispersión de Bootstrap (95%).

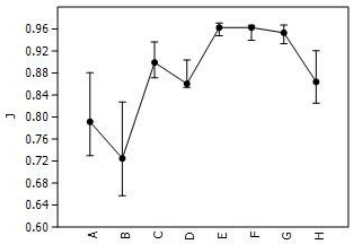
El índice de Shannon-Wiener de las parcelas (figura 20D) muestra mayor equidad en 1º de Mayo (4.27) y Tenampulco (4.19) mostrando diferencias significativas con la parcela de San Rafael (3.9).

7.2.5.1.2 Equitabilidad de Shannon (J)

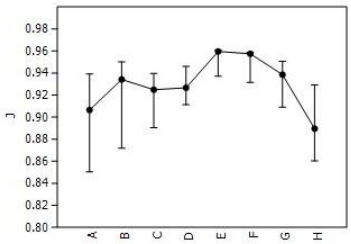
El índice de equitabilidad de Shannon (J) (cuadro 12 y figura 21) indica para la comunidad de artrópodos que los meses más equitativos para la parcela de Tenampulco (figura 21A) fueron abril, junio, julio y agosto siendo al contrario febrero, marzo, mayo, y diciembre los menos equitativos; en 1º de Mayo (figura 21B) los meses más equitativos fueron marzo, junio, julio y agosto y los de menor fueron febrero, abril, mayo y diciembre; para San Rafael (figura 21C) resultaron febrero, marzo, julio y agosto los más equitativos y los de menos fueron abril, mayo, junio y diciembre.

Cuadro 12. Equitabilidad de Shannon-Wiener (J). Valores por parcela en relación a los muestreos en el Totonacapan 2012.

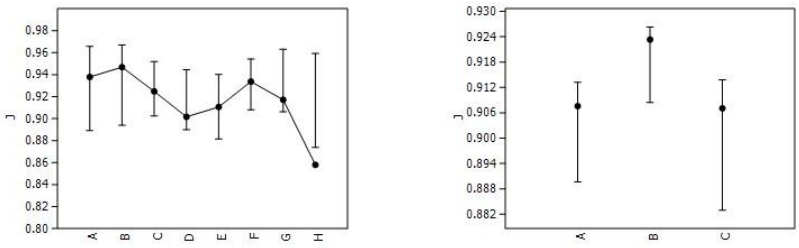
	1	2	3	4	5	6	7	8
T	0.79	0.72	0.89	0.86	0.96	0.96	0.95	0.86
1° M	0.90	0.93	0.92	0.92	0.95	0.95	0.93	0.88
SR	0.93	0.94	0.92	0.90	0.91	0.93	0.91	0.85



A



B



C **D**

Figura 21. Equidad. Equitabilidad de Shannon-Wiener (*J)* para las tres parcelas en relación a los muestreos y entre parcelas en el agroecosistema vainilla en el Totonacapan 2012. **A**: Tenampulco. **B**: 1º de Mayo. **C**: San Rafael (A-H: muestreos). **D**: Entre parcelas (A: Tenampulco, B: 1º de Mayo, C: San Rafael). Cajas: medida de dispersión de Bootstrap (95%).

Con base en el índice de equitabilidad de Shannon-Wiener (J) la comunidad más equitativa (figura 21D) es la de la parcela de 1º de Mayo (0.92), seguida de Tenampulco y San Rafael con el mismo valor de equitabilidad para ambas comunidades (0.90).

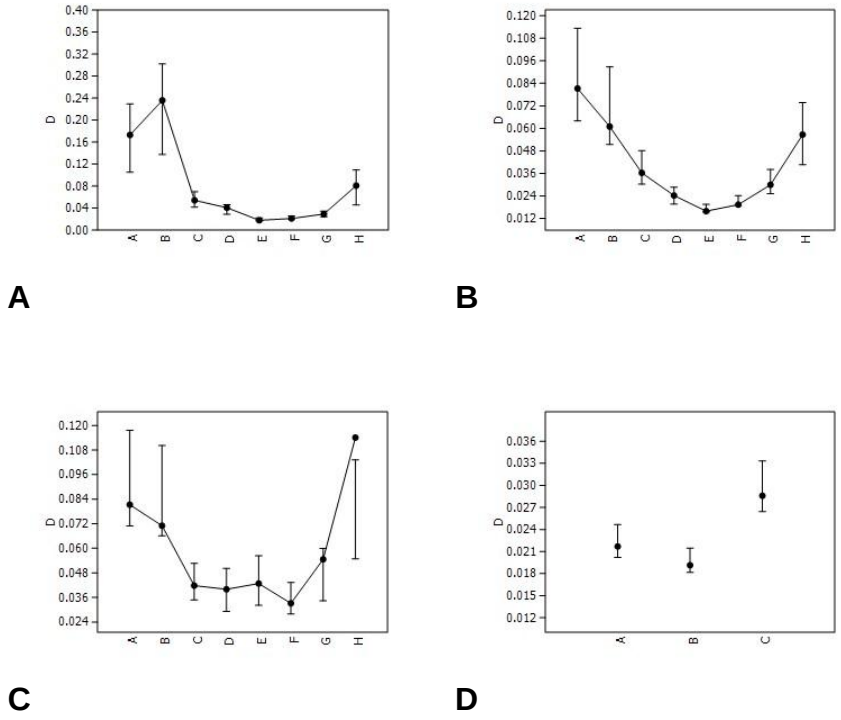
7.2.5.2 Dominancia

7.2.5.2.1 Simpson (D)

El índice de dominancia de Simpson (D) señala que (cuadro 13 y figura 22) para la comunidad de la parcela de Tenampulco (figura 22A) los meses de mayor dominancia fueron febrero, diciembre y marzo, resultando este último el de mayor dominancia, al contrario menor dominancia en los meses de abril, mayo, julio, agosto y junio como el mes menos dominante. En 1º de Mayo (figura 22B) los meses de mayor dominancia fueron marzo, diciembre y febrero como el más dominante caso opuesto en los meses de abril, mayo, julio, agosto y junio como el menos dominante; en la parcela de San Rafael (figura 22C) de menor dominancia los meses de abril, mayo, junio y julio como el menos dominante siendo los más dominantes febrero, marzo, agosto y diciembre como el mes de mayor dominancia.

Cuadro 13. Índice de Simpson (D). Valores por parcela en relación a los muestreos en el Totonacapan 2012.

	1	2	3	4	5	6	7	8
T	0.17	0.23	0.05	0.04	0.01	0.02	0.02	0.08
1° M	0.08	0.06	0.03	0.02	0.01	0.01	0.02	0.05
SR	0.08	0.07	0.04	0.04	0.04	0.03	0.05	0.11



A **B**

C **D**

Figura 22. Dominancia. Índice de Simpson (D) para las tres parcelas en relación a los muestreos y entre parcelas en el agroecosistema vainilla en el Totonacapan 2012. **A**: Tenampulco. **B**: 1º de Mayo. **C**: San Rafael. (A-H: muestreos). **D**: Entre parcelas (A: Tenampulco, B: 1º de Mayo, C: San Rafael). Cajas: medida de dispersión de Bootstrap (95%).

En la comparación de las tres parcelas (figura 22D) la comunidad menos dominante es 1º de Mayo (0.0191) así como Tenampulco (0.0216) resultando significativamente más dominante la comunidad de la parcela de San Rafael (0.028).

7.2.5.2.2 Complemento (Diversidad) de Simpson (1-D)

En general los valores del índice de diversidad de Simpson (1-D) (cuadro 14 y figura 23) indican una diversidad alta en las comunidades de artrópodos de las tres parcelas, y que, para la comunidad de la parcela de Tenampulco, (figura 23A) los meses más diversos fueron abril, mayo, julio y junio siendo este

último el de mayor diversidad (0.98); los meses de menor diversidad son febrero, diciembre y marzo con la mínima (0.76), en 1º de Mayo (figura 23B) con mayor diversidad de abril hasta agosto, en donde junio y julio (0.98) ambos registran la máxima al contrario de marzo, agosto, diciembre y febrero (0.91) registran la mínima; en San Rafael (figura 23C) los meses mayor diversidad fueron de abril a agosto con mayo y julio con la máxima (0.96) y menor diversidad en los meses de febrero, marzo y diciembre (0.88).

Cuadro 14. Complemento (Diversidad) de Simpson (1-D). Valores por parcela en relación a los muestreos en el Totonacapan 2012.

	1	2	3	4	5	6	7	8
T	0.82	0.76	0.94	0.95	0.98	0.97	0.97	0.91
1° M	0.91	0.93	0.96	0.97	0.98	0.98	0.97	0.94
SR	0.91	0.92	0.95	0.96	0.95	0.96	0.94	0.88

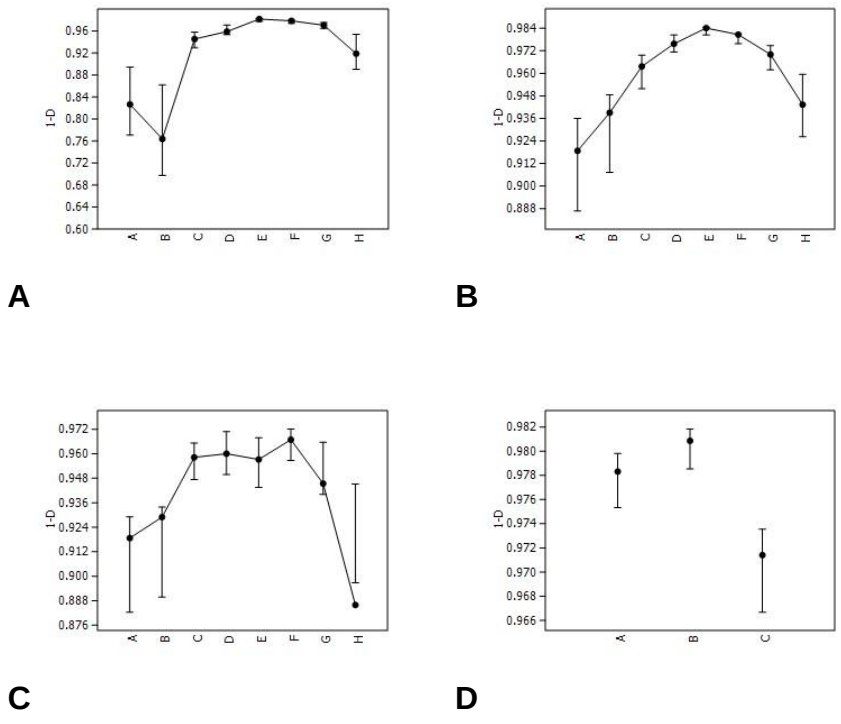


Figura 23. Dominancia. Complemento (Diversidad) de Simpson (1-D) para las tres parcelas en relación a los muestreos y entre parcelas en el agroecosistema vainilla en el Totonacapan 2012. **A**: Tenampulco. **B**: 1º de Mayo. **C**: San Rafael. (A-H: muestreos). **D**: Entre parcelas (A: Tenampulco, B: 1º de Mayo, C: San Rafael). Cajas: medida de dispersión de Bootstrap (95%).

Al comparar entre parcelas (figura 23D) el índice no muestra diferencia significativa entre las parcelas de Tenampulco (0.9783) y 1º de Mayo (0.9809) sin embargo existe diferencia entre estas y San Rafael (0.9714).

7.2.5.2.3 Reciproco de Simpson (1/D)

El reciproco de Simpson como medida de diversidad (cuadro 15 y figura 23) indica en general para la comunidad de artrópodos de las tres parcelas, que es a partir del mes de abril que esta aumenta significativamente, sosteniendo dicha tendencia hasta junio-julio comenzando a disminuir a partir del mes de agosto hasta diciembre. En Tenampulco (figura 23A) es en junio que la heterogeneidad observada en la muestra alcanza su máximo valor interpretándose esta como equivalente a 55.3 especies homogéneamente distribuidas; en 1º de Mayo (figura 23B) es también en el mismo mes que alcanza máximo valor pero siendo esta equivalente a 62.9 especies; finalmente para la parcela de San Rafael es en el mes de julio que cuando alcanza su máximo valor al equivaler a una comunidad con 30.1 especies.

Cuadro 15. Reciproco de Simpson (1/D). Valores por parcela en relación a los muestreos en el Totonacapan 2012.

	1	2	3	4	5	6	7	8
T	5.7	4.2	18.4	24.5	55.3	47.1	34.1	12.3
1° M	12.3	16.4	27.5	41.2	62.9	51.6	33.4	17.6
SR	12.2	14	23.9	25	23.3	30.1	18.3	8.76

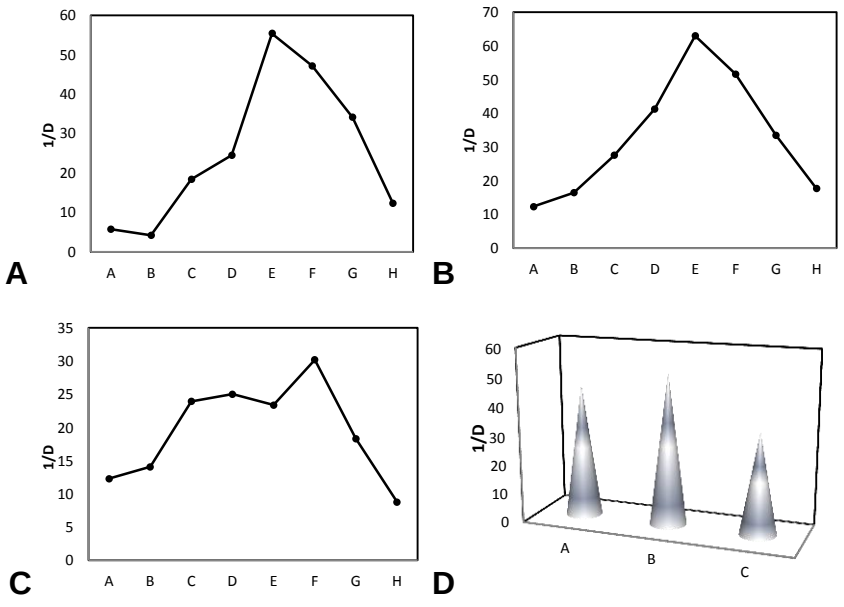


Figura 24. Dominancia. Reciproco de Simpson (1/D) para las tres parcelas en relación a los muestreos y entre parcelas en el agroecosistema vainilla en el Totonacapan 2012. **A**: Tenampulco. **B**: 1º de Mayo. **C**: San Rafael (A-H: muestreos). **D**: Entre parcelas (A: Tenampulco, B: 1º de Mayo, C: San Rafael). Cajas: medida de dispersión de Bootstrap (95%).

La comparación del índice entre las tres comunidades de artrópodos de cada parcela (figura 23D) indica que en la parcela de Tenampulco la heterogeneidad observada en la muestra interpretándose esta como equivalente a 46.1 especies homogéneamente distribuidas; en 1º de Mayo equivale a 52.2 especies y en San Rafael a 34.9.

7.2.6 Diversidad Beta (β)

7.2.6.1 Similitud

El valor obtenido del coeficiente de Jaccard en la comparación de la comunidad de artrópodos entre las tres parcelas se presenta en el cuadro 16, este coeficiente indica que las faunas de artrópodos para el caso del ejido 1° de Mayo y Tenampulco son semejantes en un 83%, un 66% entre Tenampulco y San Rafael y un 60% entre 1º de Mayo y San Rafael.

Cuadro 16. Similitud: Coeficiente de Jaccard. Valores entre parcelas en el agroecosistema vainilla en el Totonacapan 2012.

Similitud	1°M-T	T-SR	1°M-SR
C. Jaccard	0.83	0.66	0.6

7.2.6.2 Complementariedad

El coeficiente de disimilitud (Cuadro 17) muestra que entre las parcelas de 1º de Mayo y Tenampulco la comunidad de artrópodos es diferente en un 16%; entre Tenampulco y San Rafael un 33% y entre 1º de Mayo y San Rafael un 40%.

Cuadro 17. Complementariedad. Coeficiente de disimilitud. Valores entre parcelas en el agroecosistema vainilla en el Totonacapan 2012.

Complementariedad	1°M-T	T-SR	1°M-SR
C. disimilitud	0.16	0.33	0.4

8. DISCUSIÓN

8.1 Identificación del agroecosistema

Los resultados de la identificación son similares a los resultados de otras investigaciones y lo reportado en la literatura ya que como en este estudio se reporta la asociación de *Vanilla* sp. con cítricos (*Citrus* x *aurantium*) tal es el caso de la parcela de San Rafael ubicada en una reconocida región citrícola en el país; las especies del género *Erythrina* sp identificadas en las parcelas de Tenampulco y 1ºde Mayo así como *G. sepium* especies continuamente citadas en la literatura; poseen caracteres idóneos para soporte y el manejo de la sombra así como el aporte de materia orgánica (Castro-Bobadilla y García-Franco, 2007; Soto-Arenas, 1999, 2006, 2009; Barrera-Rodríguez, *et al*. 2009, Hernández-Hernández, 2011, 2001a); lo que contrasta con lo mencionado por Pérez-Pérez (1990) para las especies *Eugenia capulli*, *Bahuinia divaricata* y *Tabernaemontana alba* las cuales favorecen la presencia así como los daños causados por *T. confusus*; dichas especies no se identificaron en ninguna de las parcelas del estudio sin embargo *T. confusus* si se reporta en el presente para las tres parcelas; en su estudio Castro-Bobadilla y García-Franco (2007) también identificó en vainillales tradicionales a *E. capulli*, *B. divaricata* y *T. alba* así como las especies; *L. glausecens y B. simaruba.* Por otro lado la parcela de San Rafael donde existe la asociación Vainilla-Naranjo se reporta la presencia de insectos asociados a cítricos como por ejemplo la cochinilla rosada del hibisco *Maconellicoccus hirsutus* lo cual indica que la diversidad de especies incidentes en los agroecosistemas estarán de acuerdo con el ensamblaje y arreglo de especies vegetales tal y como lo mencionan Altieri (1999), FAO (1998) Tscharntke *et al*. (2005), Norris y Kogan (2005), Nicholls (2006) y Moonen y Barberi (2008); por otro lado y a diferencia de lo reportado en este estudio y por otros autores (Castro-Bobadilla y García-Franco, 2007; Soto-Arenas, 1999, 2006, 2009; Barrera-Rodríguez, *et al*. 2009, Hernández-

Hernández, 2011, 2001a), García (2013) menciona que en la Sierra Norte de Puebla los productores en las denominadas: Unidades Domesticas Campesinas (UDC) combinan la vainilla con el cultivo de otras especies que, son usualmente las principales, como café (*Coffea arábiga*) o pimienta gorda (*Pimenta dioica*); teniendo distinta funcionalidad para cada especie (ej. lindero, comestible, sombra, venta, combustible, maderable, etc.); sin embargo los productores no recomiendan como tutor a *Coffea arábica* pues manifiestan que dicha planta tiene pocas ventajas al ser esta muy pequeña y tener un periodo de vida corto, recomendando a las especies *Myriocarpa longipes*, *Jatropha curcas*, *Conostegia xalapensis* y *Hamelia patens* como ideales para el agroecosistema. En este estudio la parcela del Ejido 1° de Mayo cuenta con certificación internacional como vainilla orgánica (comentario personal del productor) la parcela de Tenampulco es el Banco de Germoplasma del género *Vanilla* en México donde se resguardan 120 accesiones y 6 especies todas provenientes de los estados de Veracruz, Puebla, Oaxaca, Chiapas y Quintana Roo; este, es custodiado por la BUAP, el Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (SINAREFI) y la Red Vainilla que agrupa Universidades públicas y centros de investigación nacionales así como la Secretaria de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGARPA) y el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) (Reyes-López, *et al*. 2012).

8.2 Atributos de la comunidad de artrópodos

8.2.1 Riqueza (S) y abundancia

Al contrastar la abundancia y la riqueza (S) en relación a los muestreos y la fenología del cultivo se observa para las tres parcelas en la región del Totonacapan que los meses de mayor abundancia y riqueza (S) fueron de abril a agosto correspondiendo por un lado con la etapas de floración de la vainilla (*V. planifolia y V. pompona*) que es entre abril y mayo; con la época de mayor temperatura, humedad, precipitaciones en la región así como con la fructificación y cosecha que es de mayo hasta diciembre (Soto-Arenas, 2006; Reyes-López *et al*. 2009, INEGI) resultando la riqueza igualmente proporcional a la abundancia, las parcelas de 1º de Mayo y Tenampulco resultaron con la

misma riqueza sin embargo la abundancia resultó distinta; en este sentido, uno de los factores que influye determinantemente es el tipo de manejo en cada agroecosistema (Altieri, 1999; Bahena, 2003; Norris y Kogan, 2005; Tscharntke *et al*. 2005; Nicholls 2006, Moonen y Barberi, 2008).

8.2.2 Composición taxonómica y estructura trófica

En el presente estudio se reportan 114 morfoespecies de las clases Hexapoda y Arachnida para el agroecosistema vainilla en la región del Totonacapan, esto es similar a lo reportado en Papantla por Pérez-Pérez (1990), quien menciona 39 morfoespecies de artrópodos asociados a la vainilla mencionando las clases Insecta y Acari. Sin embargo en el presente estudio no se reporta la clase Acari mencionada por este autor; por otro lado el mismo autor reporta 5 órdenes, 19 familias y 27 géneros a diferencia de este estudio donde se reportan 10 órdenes, 38 familias y 92 géneros aumentando con esto el conocimiento de los órdenes y familias así como en géneros; por otro lado, este estudio coincide con otros autores en cuanto a los órdenes Hymenoptera, Lepidoptera , Coleoptera y Hemiptera (Swezey, 1945; Correll, 1953; Pérez-Pérez, 1990; Damiron, 1994; Maes, 2004; Rivera-Coto y Corrales-Moreira, 2007; Varela, 2011; Hernández-Hernández, 2011, 2011a; Vanitha *et al*. 2011); En referencia a la estructura trófica; al respecto Borror *et al*. (1992) y Schowalter (2000) mencionan la necesidad de considerar el cambio en el rol funcional de cada especie el cual variara en relación a la fase, estadio de desarrollo y maduración de las especies de artrópodos.

Como plaga reportada en las tres parcelas en estudio; solo el hemíptero *Tenthecoris confusus* Hsiao & Sailer, no reportado en otros países de Latinoamérica, causa daños de importancia en el cultivo; pertenece a la familia Miridae que incluye especies catalogadas como plaga en diversos cultivos con hospederos en más de 30 familias botánicas; el género neotropical *Tenthecoris* Scott. se reconoce como plaga principalmente en varias especies de interés ornamental y económico de las familias Amaryllidaceae, Filicinae, Cactaceae y Orchidaceae, en géneros como *Amaryllis*, *Cattleya, Crinum, Epidendrum, Equinocactus, Hippeastrum, Laelia, Lycaste, Mammillaria, Miltonia,*

Odontoglossum, Oncidium, Sophronitis, Sprekelia y Vanilla (Swezey, 1945, Hsiao y Sailer, 1947; Morón y Terrón, 1988; Wheeler, 2001; Bado *et al*. 2002); como consecuencia de la actividad alimentaria sobre el envés de hojas y tallos de *Vanilla* sp.. El daño se observa como pequeñas maculas cloróticas o puntos blanquecinos; estos daños son posteriormente cubiertos por heces fecales o deyecciones que se visualizan como pequeños puntos negros, facilitando con ello la colonización por fitopatógenos que causan posterior pudrición, desecamiento y defoliación coincidiendo con lo reportado por Pérez-Pérez, 1990, Arcos, *et al*. (1991); Bado *et al*. 2002 y Hernández-Hernández (2011). Schowalter (2000) estudiando los daños causados por insectos chupadores y rizófagos en un bosque caducifolio sucesional, calculó que la pérdida de fotosintatos fue mayor a la causada por defoliadores, mencionando también que los daños causados por estos tienen efectos de largo plazo, ya sea por la transmisión de fitopatógenos o la alteración de las tasas de síntesis y asimilación de nutrientes. En relación a la dinámica poblacional de *T. confusus,* esta especie forma colonias de hasta 15 o más individuos entre adultos y ninfas, hallándose principalmente en tallos y hojas de la parte media y baja de la planta, las mayores poblaciones y daños (adultos y ninfas) se presentan en el periodo de menor temperatura en la zona de estudio (noviembre-marzo) siendo por el contrario los meses de mayor temperatura (abril-agosto) donde se reporta el menor número de individuos y daños (solo adultos), coincidiendo con lo reportado por Pérez-Pérez (1990) y Arcos *et al*. (1991), Hernández-Hernández (2008); cabe mencionar que los mismos autores sugieren que los tutores *E. capulli*, *B. divaricata* y *T. alba* favorecen la presencia así como los daños causados por *T. confusus* y a diferencia de estos autores en este estudio se reportan como tutores las especies *E. americana, G. sepium* y *C.* x *aurantium*, además en este estudio las poblaciones son menores a las reportadas por Pérez-Pérez (1990) y Arcos *et al*. (1991); los daños aumentan al aumentar el número de ninfas y es aproximadamente en septiembre y enero cuando *T. confusus* inicia su reproducción durando el ciclo aprox. 50 días en total desde ninfa (20 días) a adulto (30 días), pasando por 4 estadios ninfales; sugiriendo la posibilidad más de un ciclo reproductivo durante este periodo en la zona de estudio. En otra investigación Bado *et al*. (2002) mencionan para *T.*

bicolor un ciclo de huevo a adulto con 5 estadios ninfales con una temperatura de 24° y 60 % de humedad relativa, con una duración de 20 días para llegar a el estado adulto coincidiendo con lo mencionado por Pérez-Pérez (1990) y Arcos *et al*. (1991) para *T. confusus*, también menciona como enemigos naturales de *T. bicolor* al parasitoide *Anagrus yawi* Fullaway (Mymaridae) y al hongo entomopatógeno *Beauveria* sp, ambos no reportados en este estudio ni por Pérez-Pérez (1990) o Arcos *et al*. (1991); los mismos autores mencionan que es el invierno donde pueden observarse todos los estadios de desarrollo sobre las plantas coincidiendo es este sentido con el presente estudio y con Pérez-Pérez (1990) y Arcos *et al*. (1991) en mencionar la preferencia de *Tenthecoris* por las temperaturas más bajas para su reproducción.

Del orden Lepidoptera *P. rostrana* es reportado como plaga de cítricos en México y en otras 13 familias botánicas de importancia económica (Varela-Fuentes *et al*. 2009) siendo este el primer reporte de *Vanilla* sp. como hospedero en México pues en Hawái y Puerto Rico ya ha sido reportada (Swezey, 1945, Correll, 1953) sin embargo en este estudio no se puede considerar agente perjudicial para *Vanilla*.sp. dada su baja densidad poblacional. Por otro lado en el presente estudio no se reporta la especie *Plusia aurífera* reportada como plaga por otros autores en México (Hernández-Hernández, 2011, 2011a) y Costa Rica (Rivera-Coto y Corrales-Moreira, 2007), así como en manuales técnicos del cultivo a nivel nacional e internacional; al respecto cabe mencionar que la especie es reportada como plaga por otros autores en otras latitudes siendo la especie nativa a la región mediterránea Portugal, España, sur de Francia, Tenerife, Santa Helena, rara en Gran Bretaña, África continental y como plaga de *V. planifolia* en Islas Reunion, Madagascar e India (Correll, 1952; Eichlin y.Cunningham, 1978; Vanitha *et al*. 2011); siendo importante mencionar que de acuerdo con Eichlin y Cunningham (1978) el género *Plusia* Ochsenheimer, es paleártico y nativo de regiones templadas de latitudes más norteñas estando representado en Norteamérica por una sola especie sugiriendo con ello la revisión exhaustiva de dichos reportes así como de la verdadera identidad del lepidóptero reportado para

México pudiendo existir una confusión similar al caso de la identidad de *T. confusus* tal y como lo reporto Pérez-Pérez (1990) en su momento.

En el orden Hymenoptera once especies de la familia Apidae se reportan en este estudio: *A. mellifera, Bombus sp, Tetrapedia sp., M. beecheii, S. mexicana, N. perilampoides, P. frontalis, E. viridissima, E. meriana, E. cingulata* y *E. polychroma*; de estas, los euglossinos y meliponinos son ya reconocidos como vectores de polen de *Vanilla* sp; en México (Soto-Arenas 2006). Lubinsky *et al*. (2006) en observaciones sobre *V. planifolia* y *V. pompona* subsp. *grandiflora* en Oaxaca registraron visitas de esta especie así como también abejas de los géneros *Euglossa* y *Exeretes* con la visita de hormigas y colibríes sin embargo ningún evento de polinización fue registrado; para *V. pompona* subsp *grandiflora* menciona a la especie *Eulaema meriana* como polinizador observando movimiento de polen; así como la colecta de fragancia de los frutos por estas abejas; en Madre de Dios, Perú Householder (2007) observó individuos del polinizador *E. meriana* y *Euglossa imperialis* (no polinizador) en *V. pompona* subsp. *grandiflora* mencionando que ambas especies son particularmente atraídas a la fragancia floral y que las polinización se realiza por engaño coincidiendo con lo observado en este estudio donde se identificaron las especies *E. meriana, E. cingulata* y *E. polychroma* asociadas a la flor de *V. pompona* donde se también se observó atracción por la fragancia floral sin embargo no se registró evento de polinización alguno durante el estudio. Esta atracción está relacionada con la presencia de compuestos aromáticos en flores y frutos de *Vanilla*; al respecto Roubik y Ackerman (1987), Gonzáles (1998), Soto-Arenas (1999) y Schiestl y Roubik (2003) mencionan que las abejas macho principalmente de los géneros *Euglossa* y *Eulaema* son atraídos por compuestos aromáticos o mezclas de volátiles específicos como el salicilato de metil, bencil acetato, 1-8 cineol, vainillina, eugenol, limoneno encontrados en flores de diversas orquídeas. Tal atracción está influenciada por procesos a nivel de los sistemas nervioso central y periférico mediante los cuales son mediados patrones conductuales en las abejas; electrofisiológicamente tales compuestos pueden no solo atraer sino también disuadir a los visitantes. Por otro lado Soto-Arenas (1999) menciona la

existencia de dos sistemas de polinización para las vainillas mexicanas uno de ellos es el síndrome androeuglossofilo donde abejas macho colectan fragancias de las flores lo cual coincide con el comportamiento observado en las especies identificadas en el presente estudio (*E. viridissima*, E. cingulata, *E. meriana*, *E. polychroma*); el mismo autor menciona que el otro es un sistema de polinización por engaño donde tanto machos como hembras son atraídos en búsqueda de alimento tal es el caso para *V. insignis*, *V. odorata* y *V. planifolia* donde las flores son visitadas por abejas de los géneros *Euglossa* y *Eulaema* como es reportado en este estudio para *V. planifolia* y *V. pompona*. En Panamá, Roubik y Ackerman (1987) encontraron carga de polinias de *V. planifolia* en *Euglossa tridentata* y *E. deceptrix;* observando también polinias de *V. pompona* en *Eulaema cingulata, E. nigrita, E. meriana y E. speciosa* y de *Vanilla* sp. en *Eufriesea duckey*; también se han reportado como polinizadores de *Vanilla* sp. a *E. viridissima, M. beecheii y E. meriana* de acuerdo con, Soto-Arenas (2009), Bory *et al.* (2008) y Hernández-Hernández (2011). En relación a las abejas meliponas para *M. beecheii* en este estudio no se detectó carga ni movimiento de polen en ninguna de las especies reportadas coincidiendo con lo reportado por otros autores (Soto-Arenas, Gigant *et al*. 2011) sin embargo en su investigación García (2013) menciona que en la sierra Norte de Puebla la polinización se realiza en forma natural dado que no se realiza polinización manual por parte de los productores los cuales indican que de acuerdo a sus observaciones una abeja de color negro conocida como “taxkat” es un visitante común de las flores; también Alarcón (2009) menciona como posibles polinizadores de la vainilla en Tenampulco, a las especies *N. perilampoides y S. mexicana*, también reportadas en este estudio, aunque difiere del mismo en las especies *P. pulchra* y *P. bilineata* ; sin embargo cabe mencionar que de acuerdo con Roubik (2000) existe un síndrome orquidea-melipona donde la atracción en la reproducción de orquídeas con un mecanismo de engaño, es debida a un juego de distintas señales químicas pues se reporta que no colectan polen ni néctar, más se ha confirmado su asociación con orquídeas epifitas de los géneros *Maxillaria* y *Xilobium.* También menciona que el comportamiento de forrajeo implica grupos en el mismo sitio y la misma planta, además de que estas portan el polen en el escutelo lo cual es evidencia de

estas especies como polinizadoras, a diferencia de *Euglossa*, *Apis* y *Melipona* que no portan polinias en el escutelo sino en otras partes del cuerpo como las patas o antenas. Para los géneros *Vanilla*, *Acineta*, *Stanhopea*, *Gongora* y *Sobralia* existe un solapamiento del lugar donde pueden llegar a ubicarse las polinias en los polinizadores; cabe mencionar que la presencia de abejas Euglosinas y Meliponas presentes en los tres agroecosistemas estudiados tiene implicaciones positivas para el flujo génico entre poblaciones naturales y cultivadas de *Vanilla* dado que el género requiere de entrecruzamiento para garantizar su variabilidad, viabilidad, conservación y evolución. Sin embargo, la diversidad genética del género *Vanilla* sp. aún no está del todo resuelta en nuestro país. Relativo a las avispas depredadoras *P. instabilis.* y *P. carnifex*; Nicholls (2006) menciona que estas especies parasitan sobre larvas de lepidópteros en algodón y tabaco representando para el agroecosistema vainilla una alternativa de control biológico; aunque las especies se reportan como agresivas por los productores motivo por el cual sus nidos son destruidos durante las labores de poda y desyerbe.

En relación a las hormigas, estas se encuentran a menudo forrajeando sobre la parte aérea de *Vanilla* sp. en las fases de renuevo, floración y fructificación; al respecto Householder (2007) y Gigant *et al.* (2011) mencionan que algunas especies de *Vanilla* demuestran cierto grado de mirmecofilia, debido a la producción de exudados azucarados en la capa abscisica de los meristemos axilares de renuevos inmaduros y del ovario explicando con ello su presencia en el agroecosistema, en sus incursiones *Eciton burchelli* puede contar con más de 200,000 individuos moviéndose a lo largo de un frente de 15 m de ancho arrasando todo sobre la capa de hojarasca, reduciendo la abundancia de ortópteros y blátidos así como estadios inmaduros de otras hormigas, avispas sociales entre otros artrópodos (Franks, 1996) esta especie fue reportada únicamente en la parcela ubicada en Papantla; asociados a los tutores (*E. Folkersii, E. Americana*, *G. sepium*, *C.* x *aurantium*) se encuentran especies de los géneros *Cephalotes*, *Crematogaster*, *Pseudomyrmex y Camponotus*; Fernández (2003) menciona que viven normalmente en el estrato arbóreo donde nidifican al interior de ramas muertas, es conocida su relación

con acacias y algunas otras especies de leguminosas e inclusive algunas pueden atender cochinillas de la familia pseudococcidae.

Diversas especies de importancia económica para otros cultivos fueron identificadas en el agroecosistema, reconocidas como plagas en cítricos. *P. citri* y *M. hirsutus* son consideradas plagas cuarentenaria y sujeta a control oficial en México siendo originaria del sureste de Asia; se reporta en 67 países principalmente de regiones tropicales y subtropicales teniendo entre 100 y 360 especies de plantas hospedantes entre silvestres y cultivadas. En México se reporta en 40 especies botánicas siendo 23 de ellas cultivos de importancia, se reporta con mayor incidencia en estados de la costa del Pacifico y con menor en la costa del Golfo de México considerándose esta como zona de riesgo (Olvera-Vargas *et al*. 2010), junto con su depredador *C. montrouzieri*; también se identificó a *D. undecimpunctata y N. viridula* que al ser polífagas tiene un amplio rango de hospederos entre ellos leguminosas, hortalizas, maíz, soja, entire otros (Morón y Terrón, 1988), *. P. americana y P. nivea* al ser polífagas tiene un amplio rango de hospederos entre ellos leguminosas, hortalizas, maíz, soja, entre otros (Borror *et al*. 1992; Morón y Terrón, 1988).

Los depredadores del orden Araneae incluye a 10 especies en su mayoría arañas tejedoras de las familias Araneidae, Tetragnathidae y Deinopidae; algunas de estas especies también han sido reportadas en el agroecosistema cacao (*L. argyra*, *G. cancriformis*, *M. sagittata*, *A. argentata*, *Araneus* sp.) de acuerdo con Pérez–De la Cruz *et al*. (2007); aunque a diferencia de este estudio reportan 54 especies teniendo en cuenta que existen diferencias tanto en el método como en la intensidad del muestreo en relación con el presente estudio; también menciona como principales presas a individuos de los órdenes Diptera, Hymenoptera, Coleoptera, Isoptera y Hemiptera y con menor incidencia de los órdenes Lepidoptera, Orhoptera, Thysanoptera Psocoptera y Odonata; al respecto, Foelix (1996) y Ubick *et al*. (2005) mencionan que las arañas son particularmente abundantes en áreas de rica vegetación, sin embargo muchas viven estrictamente en ambientes definidos, las limitantes por un lado pueden ser factores bióticos, abióticos y

espaciales. Las arañas de tela que en su mayoría orientan estas horizontalmente, no están distribuidas al azar en su ambiente, y su densidad poblacional estará necesariamente limitada particularmente por el otro factor: las presas, las cuales en su mayoría son de ciertos ordenes o familias de insectos (Coleoptera, Orthoptera, Lepidoptera, Hymenoptera); sin embargo la mayoría de estas especies evitan a sus depredadores. *Deinopis* sp. es considerada una de las especies más raras tanto en su ocurrencia como en su comportamiento de caza (Ubick *et al*. 2005). Por otro lado Nicholls (2006) menciona que plantas de las familias Umbelliferae, Leguminosae y Asteraceae promueven y acogen un complejo de artrópodos benéficos que fungen como control de plagas.

8.2.3 Diversidad Alfa y Beta

La diversidad alfa en este estudio indica como más diversa a la comunidad de artrópodos de la parcela del Ejido 1º de Mayo en Papantla esto debido principalmente al manejo, antigüedad y demás características de la misma mencionadas en el cuadro 1; luego la de Caracoles, Tenampulco existiendo pocas diferencias entre estas siendo la menos diversa la parcela de Calle Grande, San Rafael. Los atributos de la comunidad presentan valores mínimos en febrero, marzo y diciembre con un aumento en riqueza y abundancia a partir del mes de abril hasta julio, comenzando a disminuir a partir del mes de agosto sosteniéndose así hasta diciembre los índices de diversidad de Margalef, Shannon-Wiener, equitabilidad (J) y complemento de Simpson (1-D). Por consiguiente y de manera inversa se comporta el índice de dominancia de Simpson (D) en las tres parcelas; por otro lado el reciproco del índice de Simpson (1/D) indica que la diversidad es mayor en el Ejido 1º de Mayo luego en Tenampulco y menor en San Rafael.

La diversidad beta indica que entre las comunidades de artrópodos de las parcelas en estudio hay una similitud de entre el 60% y 83% por tanto la disimilitud varia de entre el 16% y el 40% existiendo la mayor diferencia en la parcela de San Rafael.

Las diferencias y similitudes entre las comunidades de artrópodos en este estudio con base en la diversidad alfa y beta entre las parcelas estudiadas, sugieren que la intensidad del manejo, la duración del cultivo, la diversidad de la vegetación dentro y fuera del agroecosistema, así como el aislamiento de la vegetación natural (a escala de paisaje) influyen en la migración de las especies de los cultivos circundantes de, entre y hacia los vainillales, por lo que los agroecosistemas son dinámicos ecológicamente y culturalmente.

Los arreglos de cultivos en tiempo y espacio cambian continuamente de acuerdo a factores biológicos, socioeconómicos, culturales y ambientales; tal dinamismo determina el grado de homogeneidad o heterogeneidad en el paisaje característico a cada agroecosistema, lo que condicionará el tipo de biodiversidad presente, la cual puede o no beneficiar la protección así como la productividad de los mismos (Altieri (1999), FAO (1998) Tscharntke *et al*. (2005), Norris y Kogan (2005), Nicholls (2006) y Moonen y Barberi (2008). Los resultados del presente estudio ponen de manifiesto la importancia de estos agroecosistemas como refugios de biodiversidad coincidiendo con lo señalado por Soto-Arenas (2006), Arroyo-Rodríguez *et al*. (2008) y Reyes-López *et al*. (2009).

9. CONCLUSIONES

- Los agroecosistemas vainilla en el Totonacapan conservan en su mayoría individuos de la especie *V. planifolia,* reportándose 3 variedades criollas (mansa, rayada y oreja de burro) en 1º de Mayo; así como 4 especies más del género (*V.pompona*, *V. odorata*, *V. insignis*, *V. inodora*) e híbridos (*V. planifolia* x *V. pompona*) en el banco de Germoplasma de Vainilla en Tenampulco, Puebla.

- La estructura trófica revelo 6 grupos, la mayoría de especies se reportan fitófagas y en orden descendente los depredadores, polinizadores, parasitoides, plaga y los polífagos; estando estos asociados en su mayoría a la vegetación, luego a vainilla y en menor grado al tutor.

- Los órdenes mayormente representados por su riqueza y abundancia fueron, Hymenoptera, Coleoptera, Lepidoptera y Hemiptera con una dinámica poblacional que presenta valores mínimos en febrero, marzo y diciembre; con un aumento en riqueza y abundancia a partir del mes de abril hasta julio, comenzando a disminuir a partir del mes de agosto sosteniéndose así hasta diciembre. mostrando el mismo comportamiento los índices de diversidad de Margalef, Shannon-Wiener, equitabilidad (J) y complemento de Simpson (1-D); por consiguiente y de manera inversa se comporta el índice de dominancia de Simpson (D) en las tres parcelas.

- El reciproco del índice de Simpson (1/D) indica que la diversidad es mayor en el Ejido 1º de Mayo luego en Tenampulco y menor en San Rafael.

- La diversidad alfa en este estudio indica como más diversa a la parcela de 1º de Mayo luego la de Tenampulco, existiendo pocas diferencias entre estas siendo la menos diversa la parcela de San Rafael.

- La diversidad beta indica que entre las comunidades de artrópodos, de las parcelas en estudio, hay una similitud de entre el 60% y 83%; por tanto la disimilitud varía entre el 16% y el 40%, existiendo la mayor diferencia en la parcela de San Rafael.

- El agroecosistema vainilla en el Totonacapan se caracterizó por una alta heterogeneidad en la composición de especies de artrópodos en asociación a *Vanilla* sp., al tutor y a la vegetación circundante en tres sistemas de manejo distintos.

- Se recalca la importancia de este agroecosistema como refugio de diversidad, tanto benéfica como perjudicial; preservando el paisaje, la conectividad como corredor biológico y representando un refugio para la biodiversidad local, regional, exótica o introducida.

- La diversidad de artrópodos fue mayor en 1 de Mayo, debido a que tiene un manejo orgánico y por último San Rafael que tiene un manejo convencional a base de agroquímicos.

10. LITERATURA CITADA

Alarcón, M. M. 2009. Identificación de los polinizadores naturales en vainilla (*Vanilla planifolia*). Tesis profesional. Unidad Académica de Ingeniería Agrohidráulica. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla, México. 60 p.

Altieri, M. A. 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. Agriculture, Ecosystems & Enviroment. 74. pp. 19-31.

Arcos, C. G., Jiménez H. R. y Pérez, A.V. 1991. Dinámica poblacional y ciclo biológico de *Tenthecoris confusus* Hsiao and Sailer en vainilla. *En*: Memorias de la 4ª Reunión anual del INIFAP en el estado de Veracruz Publicación Especial. Veracruz, Ver., México. No 8. 150 p.

Arroyo-Rodríguez, V., Pineda, E., Escobar, F. y Benítez-Malvido, J. 2008. Value of small patches in the conservation of plant-species diversity in highly fragmented rainforest. Conservation Biology. 23 (3). pp. 729-739.

Ayala, R. 1999. Revisión de las abejas sin aguijón de México (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). Folia Entomológica Mexicana. Sociedad Mexicana de Entomología AC. 106. pp. 1-20.

Bado, S. G., Sills, C., Pannuzio, M. J. y Zapata, R. 2002. Aspectos morfológicos, biológicos y daños de *Tenthecoris bicolor* Scott. 1886 (Heteroptera: Miridae): nuevo agente perjudicial de Amaryllidaceae. Boletín de Sanidad Vegetal: Plagas. 28. 311-317.

Bahena, J. F. 2003. Manejo Agroecológico de plagas para una agricultura sostenible. *En:* Tornero, C. M. A., López-Olguín, J. F. y Aragón, G. A. (Eds). Agricultura, Ambiente y Desarrollo Sustentable. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Publicación especial. México. pp. 149-182.

Barrera-Rodríguez, A. I., Herrera-Cabrera, B. E., Jaramillo-Villanueva, J. L., Escobedo-Garrido, S. J. y Bustamante-Gonzales, A. 2009. Caracterización de los sistemas de producción de vainilla (*Vanilla planifolia* A.) bajo naranjo y en malla sombra en el Totonacapan. Tropical and Subtropical Agroecosystems. 10. pp. 199-212.

Borror, D. J., Triplehorn, C. A. y Johnson, N. F. 1992. An introduction to the study of insects. sixth edition. Saunders College Publishing. USA. 875 p.

Bory, S., Grisoni, M., Duval, M. F. y Besse, P. 2008. Biodiversity and preservation of Vanilla: present state of knowledge. Genetic Resources Crop Evolution. 55. pp. 551-571.

Brailovsky, H., Cervantes, L. y Mayorga, C. 1992. Hemíptera: Heteróptera de México XLIV Biología, estadios ninfales y fenología de la tribu Pentatomini (Pentatomidae) en la estación de biología tropical "Los Tuxtlas", Veracruz. Publicaciones especiales No 8. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología. 204 p.

Brower, J. E., Zar, J. H. y von Ende, C. N. 1998. Field and laboratory methods for general ecology. fourth edition. WCB/Mc Graw-Hill. USA. 273 p.

Cameron, K. M. 2011. *Vanilla* phylogeny and classification. *En*: Havkin-Frenkel, D. y Belanger, F. C. (Eds.). Handbook of vanilla science and technology. Wiley-Blackwell, Chichester, UK. pp. 243-255.

Castillo, M. R. y Engleman, E. M. 1993. Caracterización de dos tipos de *Vanilla planifolia*. Acta Botánica Mexicana. Dic. No 25. pp 49-59.

Castro-Bobadilla, G. y García-Franco, J.G. 2007. Vanilla (*Vanilla planifolia* Andrews) crop systems used in the Totonacapan area of Veracruz, Mexico: biological and productivity evaluation. Journal of Food, Agriculture &. Enviroment. 5 (2). pp. 136-142.

Cipagauta, V. A. y Sánchez, R. A. 1979. La vainilla en México, producción, industrialización y comercialización. Ecotécnia agrícola. 3 (6). México. pp. 3-29.

Colwell, R., Longino, T. J., Brenes, D., Oconitrillo, N., Paniagua, M. y Vargas, R. 2001. Los artrópodos: protagonistas en la estimación y conservación de la biodiversidad tropical. *En*: Primack, R., Rozzi, R., Feinsinger, P., Dirzo, R. y Massardo, F. (Eds.) Fundamentos de conservación biológica: Perspectivas Latinoamericanas. Fondo de Cultura Económica. México, DF. pp. 116-119.

Colwell, R. K. 2013. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9. Disponible en <purl.oclc.org/estimates>.

Correll, S. D. 1953. Vanilla: It's botany, history, cultivation and economic import. Economic Botany. 7 (4), (Oct-Dec.). pp. 291-358.

Curti, D. E. 1981. Problemática del cultivo de vainilla en México. III Congreso de Fruticultura, Guadalajara, Jalisco.

Damirón, R. V. 1994. El cultivo de la vainilla. Veracruz agrícola. Dirección General de Agricultura y Fitosanitaria, Gobierno del Estado. Veracruz. México. 50 p.

De la Maza, R. R. y De la Maza E. J. 1987. Mariposas mexicanas. Fondo de Cultura Económica. México, DF. 302 p.

Dent, D. R. y Walton, M. P. 1997. Methods in ecological and agricultural entomology. CAB INTERNATIONAL (Centre for Agriculture and Biosciences International). Cambridge, UK. 387 p.

Díaz, A., Abreu, N., Martin, J. y Suarez, G. M. 2004. Hemípteros asociados a orquídeas silvestres. Fitosanidad. Vol. 8 (2). pp. 43-44.

Eichlin, T. D. y Cunningham H. B. 1978. The Plusiinae (Lepidoptera: Noctuidae) of America North of Mexico, Emphasizing Genitalic and Larval Morhology. Technical Bulletin No 1567. Agricultural Research Service, United States Department of Agriculture. Washington D.C., USA. p. 21.

FAO. 1998. La biodiversidad para el mantenimiento de los agroecosistemas. Taller técnico Internacional. Food and Agriculture Organization of the United Nations y Secretaria del Convenio de la Diversidad Biológica. (Consultado: Octubre 2013).

FAOSTAT. (Food and Agriculture Organization of the United Nations). www.faostat.fao.org (Consultado: Enero 2015).

Franks, N. 1996. Ecology and population regulation in the army ant *Eciton burchelli*. *En*: Leigh Jr., E. G., Rand, S. y Windsor, D. M. (Eds.). The ecology of a tropical forest. seasonal rhytms and long-therm changes. second edition. Smithsonian Institution. USA. pp: 389-395.

Fernández, F. 2003. Introducción a las hormigas de la región Neotropical. Fernández F. (Ed.). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia. 423 p.

Foelix, R. F.1996. Biology of spiders, 2nd edition. Oxford University Press. USA. 330 p.

García, N. J. 2013. Exploración etnobotánica y alternativas de conservación de la vainilla (*Vanilla planifolia* J.) en la sierra nororiental de Puebla, México

Tesis de grado. Lic. en Desarrollo Sustentable. Universidad Intercultural del Estado de Puebla. Lipuntahuaca, Huehuetla, Puebla. 87 p.

Gigant, R., Bory, S., Grisoni, M. y Besse, P. 2011. Biodiversity and Evolution in the *Vanilla* genus: case studies of evolution and spatial distribution. *En*: Grillo, O. y Venora, G. (Eds.). The Dynamical processes of Biodiversity. InTech. Europe. pp. 1-26.

Gómez, P. L. D. 2008. *Vanilla planifolia*, the first Mesoamerican orchid illustrated, and notes on de la Cruz-Badiano codex. Lankasteriana. 8 (3). pp. 81-88.

González, M. J. 1998. Associated plants and distribution of the orchid bee genus *Eulaema* (Apidae: Bombinae: Euglossini) in Venezuela. Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas. Vol. 32, No 3 pp. 203-212.

Hammer, O., Harper, D. A. T. y Ryan, P. D. 2001. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. Version 3.01. Palaeontologia Electronica. 4 (1). 9 p.

Hernández-Hernández, J. 2008. Manejo integral de plagas y enfermedades en vainilla. Revista Agroentorno. 96. pp. 21-25.

Hernández-Hernández, J. 2011. Mexican vanilla production. *En*: Havkin-Frenkel, D. y Belanger, V (Eds.). Handbook of vanilla science and technology. Wiley-Blackwell, Chichester, UK. pp. 3-24.

Hernández-Hernández, J. 2011a. Paquete tecnológico Vainilla (*Vanilla planifolia* Jackson). Establecimiento y mantenimiento. Programa Estratégico para el Desarrollo Rural Sustentable de la Región Sur – Sureste de México: Trópico Húmedo 2011. Gobierno Federal, SAGARPA e INIFAP. México. 26 p.

Hoffmann, G. P. y Zapf, M. C. 2011. Flavor, Quality and Authentication. *En*: Havkin-Frenkel, D. y Belanger, F. C. (Eds.). Handbook of vanilla science and technology. Wiley-Blackwell, Chichester, UK. pp. 162-179.

Householder, J. E. 2007. Diversity, natural history and conservation of *Vanilla* of Madre de Dios, Peru. Master degree thesis. Graduate Faculty of the College of Science and Engineering. Texas Christian University. USA. 103 p.

Hsiao, T. Y. y Sailer, R. I. 1947. The orchid bugs of the genus *Tenthecoris* Scott (Hemiptera: Miridae). Journal of the Washington Academy of Sciences. 37 (2). pp. 64-72.

INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. www.inegi.gob.mx (consultado: Febrero 2014).

INAFED. Instituto Nacional del Federalismo. www.inafed.gob.mx

Jiménez-Valverde, A. y Hortal, J. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. Revista Ibérica de Aracnología. Sección: Artículos y Notas. Vol. 8. pp. 151-161.

Kouri, H.E. 2000. La vainilla de Papantla: agricultura, comercio y sociedad rural en el siglo XLX. Signos Históricos. 1 (3). pp. 105-130.

Krebs, J. C. 1999. Ecological Methodology, 2nd ed. Addison-Wesley eds. USA. 620 p.

Lubinsky, P., Van Dam, M y Van Dam, A. 2006. Pollination of Vanilla and evolution in Orchidaceae. Orchids. 75 (12). pp. 926-929.

Lubinsky, P., Bory, S., Hernández, H.J., Seung-Chul, K. y Gómez-Pompa, A. 2008. Origins and dispersal of cultivated vanilla (*Vanilla planifolia* Jacks. (Orchidaceae). Economic Botany. 62 (2). pp. 127-138.

Lubinsky, P., Romero-González, G. A., Heredia, S. M. y Zabel, S. 2011. Origins and patterns of vanilla cultivation in tropical America (1500-1900): no support for an independent domestication of vanilla in South America. *En*: Havkin-Frenkel, D. y Belanger, F. C. (Eds.). Handbook of vanilla science and technology. Wiley-Blackwell, Chichester, UK. pp. 117-138.

Mackay, P. W. y Mackay, E. E. 1989. Clave de los géneros de hormigas en México. (Hymenoptera: Formicidae). *En*: Sociedad Mexicana de Entomología AC (ed). Memoria del II Simposio Nacional de Insectos Sociales. Oaxtepec, México. 36 p.

Magurran, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press. New Jersey, USA. 179 p.

Magurran, A. E. 2004. Measuring Biological Diversity. Blackwell Publishing. Oxforf, UK. 256 p.

Maes, J. M. 2004. Insectos asociados a algunos cultivos tropicales en el atlántico de Nicaragua. Vainilla (*Vanilla planifolia,* Orchidaceae). Revista Nicaragüense de Entomología. 64. p. XVIII. 26 p.

McAleece, N., Gage, J. D. G., Lambshead, P. J. D. y Paterson, G. L. J. 1997. BioDiversity Professional statistics analysis software. Scottish Association for Marine Science and the Natural History Museum London. Disponible en www.sams.ac.uk

Moonen, A. C. y Bárberi, P. 2008. Functional biodiversity: an agroecosystem approach. Agriculture, Ecosystems and Enviroment. 127. pp. 7-21.

Morón, M. A. y Terrón, A. R. 1988. Entomología práctica. Instituto de Ecología AC. y Sociedad Mexicana de Entomología AC. México, D.F. 504 p.

Nicholls, C. 2006. Bases Agroecológicas para diseñar e implementar una estrategia de manejo de hábitat para control biológico de plagas. Agroecología. 1. pp. 37-48.

Norris, R. F. y Kogan, M. 2005. Ecology of interactions between weeds and arthropods. Annual Reviews of Entomology. 50. pp. 479-503.

Olvera-Vargas, L. A., Aldama-Aguilera, C., González-Hernández, H. y Algara, S. M. 2010. Vigilancia de la cochinilla rosada del hibisco *Maconllicoccus hirsutus* (Green) en México, apoyada en mapas de riesgo. *En*: Cruz M. S, G., Tello, F. J., Mendoza, E. A., y Morales, M. A. (Eds.). Entomología Mexicana. Vol. 9. Sociedad Mexicana de Entomología, A.C. pp. 332-336.

Peakall, R. 1994. Interactions between orchids and ants. *En*: Arditti, J. (Ed.). Orchid Biology – Reviews and perspectives. Vol. 6. John Wiley & Sons, New York, USA. pp. 103-133.

Pennington T.D. y J. Sarukhán. 2005. Arboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies. Tercera edición. Universidad Nacional Autónoma de México y Fondo de Cultura Económica. México. 523 p.

Pérez-De la Cruz, M., Sánchez-Soto, S., Ortíz-García, C.F., Zapata-Mata, R. y Cruz-Pérez A. 2007. Diversidad de insectos capturados por arañas tejedoras (Arachnida: Araneae) en el agroecosistema Cacao en Tabasco, México. Neotropical Entomology. 36 (1). pp. 90-101.

Pérez-Pérez, R. E. 1990. Dinámica poblacional e identificación de la chinche roja en el cultivo de la vainilla *Vanilla planifolia* Andrews (Orquidaceae) en el municipio de Papantla, Veracruz. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca Morelos, México. 41 p.

Reyes-López, D., Rodríguez, M. B., Kelso B. H. A., Huerta-Lara, M. e Ibáñez, M. A. 2008. Beneficiado tradicional de vainilla. Escuela de Ingeniería Agrohidráulica, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México. 75 p.

Reyes-López, D., Bouchan, G. R., De la Cruz, T. E., Ibáñez, M. A., Avendaño, A. C. H., Aguirre, M. J. F. y Cadena, I. J. 2009. Sistema Agroecológico y diversidad genética de la vainilla en México. *En*: Aragón, G. A., Damián, H. M. A. y López-Olguín, J. F. (Eds.). Manejo Agroecológico de Sistemas, Vol. 1. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México. pp. 19-35.

Reyes-López, D., Menchaca G. A. R., González, A. M. T., Pérez, S. A., Huerta, L. M. y Herrera, C. E. B. 2012. Proyecto Red Vainilla. Resúmenes ejecutivos: ejercicio fiscal 2010. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) y Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (SINAREFI). México, D.F. 11 p.

Rivera-Coto, G. y Corrales-Moreira, G. 2007. Problemas fitosanitarios que amenazan la conservación de orquídeas en Costa Rica. Lankasteriana. Vol. 7 (1-2). pp. 347-352.

Roubik, D. W. y Ackerman, J. D. 1987. Long term ecology of euglossine orchid-bees (Apidae: Euglossini) in Panama. Oecologia. Vol. 73, No. 3. pp. 321-333.

Roubik, D. W. 2000. Deceptive orchids with meliponini as pollinators. Plant Systematics and Evolution. 222. pp. 271-279.

Sánchez, M. S., Becerril, R. A. E., Tijerina, C. L. y Santizo, R. J. A. 2001. Crecimiento y desarrollo de vainilla en tres sistemas de producción en Papantla, Veracruz. Revista de Fitotecnia Mexicana. 24 (1). pp. 49-56.

Schiestl, F. P. y Roubik, D. W. 2003. Odor compound detection in male euglossine bees. Journal of Chemical Ecology. Vol. 29, No 1. pp. 253-257.

Schowalter, T. D. 2000. Insect Ecology. An ecosystem approach. Academic Press. Harcourt Science and Technology Company. USA. 483 p.

SNIB-CONABIO. Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad. Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad. http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/

SNIM. Sistema Nacional de Información Municipal. www.snim.rami.gob.mx

Soberón, M. J. y Llorente, B. J. 1993. The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. Conservation Biology. Vol. 7, No. 3, Sept. pp. 480-488.

Soto-Arenas, M. A. 1999. Filogeografía y recursos genéticos de las vainillas de México. Instituto Chinoin AC. Informe final SNIB-CONABIO, proyecto J101. México. D.F. 106 p.

Soto-Arenas, M. A. y Cameron, K. M: 2003. *Vanilla*. *En*: Genera Orquidearum: Orchidoideae. Pridgeon, A. M., Cribb, P. J., Chase M. W. y Rasmussen, F. N. (eds.). Oxford University Press. USA. pp 321-334.

Soto-Arenas, M. A. 2006. La vainilla: retos y perspectivas de su cultivo. CONABIO. Biodiversitas. 66. pp. 1-9.

Soto-Arenas, M. A. 2009. Recopilación y análisis de la información existente sobre las especies mexicanas del género *Vanilla*. Reporte intermedio. CONABIO. México. 76 p.

Soto-Arenas, M. A. y Dressler, R. L. 2010. A revision of the Mexican and Central American species of *Vanilla* Plumier Ex Miller with characterization of their ITS region on the nuclear ribosomal DNA. Lankasteriana. 9 (3). pp. 285-354.

Soto-Arenas, M. A. y Cribb, P. 2010. A new infrageneric classification and sinopsis of the genus Vanilla Plum. Ex Mill. (Orchidacea: Vanillinae). Lankasteriana. 9 (3). pp. 355-398.

Statsoft, Inc. 2007. STATISTICA (data analysis software system). Version 8.0. www.statsoft.com

Stelhé, H. 1952. Le vanillier et sa culture. Fruits. 7 (2) pp. 50-56, 99-112, 253-260.

Swezey, H. O. 1945. Insects associated with orchids. Proccedings of the Hawaiian Entomological Society. 7 (2). pp. 343-403.

Tscharntke, T., Klein, A. M., Kruess, A., Steffan-Dewenter, I. y Thies, C. 2005. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity – ecosystem service management. Ecology Letters. 8. pp. 857-874.

Toth, S., Joong, L. K., Havkin-Frenkel, D., Belanger, F. C. y Hartman, T. G. 2011. Volatile Compounds in Vanilla. *En*: Havkin-Frenkel, D. y Belanger, F. C. (Eds.). Handbook of vanilla science and technology. Wiley-Blackwell, Chichester, UK. pp. 183-218.

Ubick, D., Paquin, P., Cushing, P. E. y Duperré, V. N. (eds). 2005. Spiders of North America: an identification manual. American Arachnological Society. USA. 337 p.

Vanitha, K., Karuppuchamy, P. y Sivasubramanian, P. 2011. Pests of vanilla (*Vanilla planifolia* Andrews) and their natural enemies in Tamil Nadu, India. International Journal of Biodiversity and Conservation. Vol. 3 (4). pp. 116-120.

Varela-Fuentes, S., Brown, J. W. y Silva-Aguirre, G. 2009. Registro de *Platynota rostrana* (Walker, 1863) (Lepidóptera: Tortricidae), en cítricos de México. Acta Zoológica Mexicana (nueva serie). 25 (3). pp. 651-654.

Varela, Q. E. 2011. Vanilla production in Costa Rica. *En*: Havkin-Frenkel, D. y Belanger, F. C. (Eds.). Handbook of vanilla science and technology. Wiley-Blackwell, Chichester, UK. pp. 40-49.

Vela, E. 2010. Culturas prehispánicas de México. Arqueología Mexicana, edición especial. México. 34. 91 p.

Wheeler, A. G., Jr. 2001. Biology of the plant bugs (Hemiptera: Miridae): Pests, Predators, Opportunists. Cornell University Press. Ithaca, N.Y. USA. 507 p.