

DIVERSIDAD Y ABUNDANCIA DE INSECTOS DEPREDAADORES EN CINCO ESPECIES DEL GÉNERO *Tagetes* EN CHAPINGO, MÉXICO

Karen E. Nuñez-Solano¹, José C. Salazar-Torres², Rogelio Álvarez-Hernández²

1. Departamento de Agroecología, 2. Departamento de Preparatoria Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo, km 38.5 Carretera. Méx-Tex, CP 56230, Chapingo, Estado de México.

¹karely.nz00@gmail.com

Resumen

Se evaluó la diversidad y abundancia de insectos depredadores colectados en *Tagetes coronopifolia* (T1), *T. erecta* (T2), *T. foetidissima* (T3), *T. lemmoni* (T4) y *T. terniflora* (T5). A los datos obtenidos se aplicó la Comparación de Medias (LSD de Fisher), Análisis de Correlación (AC), Análisis de Componentes Principales (ACP) y se evaluó la Diversidad Alfa mediante riqueza específica, métodos no paramétricos y estructura poblacional. De los 25 géneros identificados, *Malachius* fue el más significativo estadísticamente con las siguientes medias: (T1=11.8; T2=12.2; T3=3.6; T4=7.3 y T5=11.2), siguiéndole *Chrysopa* (T5=7.3) y *Mordella* (T1=5.1, T2=2.5, T3=1.5, T4=3.4 y T5=1.2). Con el coeficiente de correlación de Pearson (r) se obtuvieron 13 pares de correlaciones significativas en T1 y T2; 4 (T3); 5 (T4) y 16 (T5). De acuerdo con el ACP los depredadores se agruparon en: T1 [(COL-NAB-CYD), (CHRY-CHR) y (LAT-NOT)]; T2 [(MIC-HIP), (GEO-CHR-SYM-CHA) y (MAL-EFF-CYD-CHRY)]; T3 [(MOR-SCY) y (CRO-ENO)]; T4 (COL-ERI-HIP) y T5 (CHA-SYM-CER). La diversidad alfa evaluada tuvo mayor Riqueza de géneros en *T. terniflora* [índice de Margalef (D_{Mg} =2.82)], la mayor Equidad se encontró en *T. foetidissima* [índice de Shannon-Wiener (H' =1.76)] y la Dominancia más alta en *T. erecta* [índice de Simpson (D =0.36); índice de Berger-Parker (B =0.56)].

Palabras clave: enemigos naturales, diversidad alfa, riqueza específica, índices de dominancia

Summary

Diversity and abundance of predator insects collected in *Tagetes coronopifolia* (T1), *T. erecta* (T2), *T. foetidissima* (T3), *T. lemmoni* (T4) and *T. terniflora* (T5) were evaluated. To the obtained data was applied (Fisher's LSD test), Correlation Analysis (CA), Principal Components Analysis (PCA) and the Alpha Diversity was evaluated through specific richness and the demographic structure. Out of the 25 identified genders, *Malachius* was the most statistically significant with the following measures: (T1=11.8; T2=12.2; T3=3.6; T4=7.3 y T5=11.2), followed by *Chrysopa* (T5=7.3) and *Mordella* (T1=5.1, T2=2.5, T3=1.5, T4=3.4 y T5=1.2). With Pearson's correlation coefficient were obtained 13 pairs of significant correlations in T1 and T2; 4 (T3); 5 (T4) and 16 (T5). According to the PCA, the predators pooled in: T1 [(COL-NAB-CYD), (CHRY-CHR) and (LAT-NOT)]; T2 [(MIC-HIP), (GEO-CHR-SYM-CHA) and (MAL-EFF-CYD-CHRY)]; T3 [(MOR-SCY) and (CRO-ENO)]; T4 (COL-ERI-HIP) and T5 (CHA-SYM-CER). The evaluated alpha diversity had greater genders Richness in *T. terniflora* [Margalef's index (D_{Mg} =2.82)]; greatest Equity was found in *T. foetidissima* [Shannon-Wiener's index (H' =1.76)] and the highest Dominance in *T. erecta* [Simpson's index (D =0.36); Berger-Parker's index (B =0.56)].

Key words: natural enemies, alpha diversity, specific richness, dominance indices.

Introducción

El género *Tagetes* (Asteraceae), está ampliamente distribuido en el mundo, sin embargo la mayor diversidad se encuentra en el continente americano, el género *Tagetes* se compone de 55 especies, cerca de la mitad habita en México (Serrato-Cruz, 2004), en casi todas las regiones de México se encuentran especies nativas de *Tagetes*.

Los insectos depredadores son enemigos naturales que se alimentan de otros insectos para completar su ciclo biológico; éstos constituyen uno de los grupos más importantes de los enemigos naturales (Nicholls, 2008). En su mayoría son carnívoros durante todo su ciclo de desarrollo, y en algunos grupos, la depredación está confinada exclusivamente a los estadios juveniles o al estado adulto. Además, la diversidad de presas es muy variada de acuerdo con la especie, por ejemplo la especificidad del coccinélido *Rodolia cardinalis* Mulsant, hasta la extrema polifagia del neuróptero *Chrysoperla carnea* (Stephens); algunos míridos pueden alimentarse tanto de plantas como de presas, lo que se conoce como zoofitofagia (Urbaneja *et al.*, 2005).

Los insectos tienen un rol importante en la vida de los ecosistemas, principalmente con las plantas con las que establecen relaciones tróficas, reproductoras, protectoras, etc.; la comunicación de los insectos con el medio en que habitan se realiza por medio de señales químicas mejor conocidas como semioquímicos.

En el caso del género *Tagetes*, no existe información disponible que indique que insectos depredadores se encuentran en sus diferentes especies, en algunas especies que han sido estudiadas ampliamente, como en el caso de *T. erecta*, sólo se conocen sus propiedades como fungicida y nematicida; sin embargo se carece de información relacionada con los insectos que la frecuentan, es el mismo caso de las otras especies de *Tagetes* evaluadas en este trabajo, ya que algunas despiden ciertos aromas atribuidos al tipo de metabolismo que estimula la generación de los aceites esenciales localizados en las plantas, estos compuestos se localizan principalmente en las partes aéreas (Tafolla-Arellano *et al.*, 2013).

Los *Tagetes* también sirven como hospederos de una gran diversidad de insectos, por lo que el objetivo de esta investigación fue el de evaluar la diversidad y abundancia de los insectos depredadores presentes en cinco especies de *Tagetes*.

Materiales y Métodos

La investigación se desarrolló en el Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), Edo. de Méx. ubicada a una latitud Norte 19° 29' y Oeste 98° 52', 2240 msnm. Para el estudio se utilizó un modelo experimental en bloques completos al azar con cinco tratamientos y seis repeticiones; cada tratamiento consistió de cinco surcos de 3.75 m² y una distancia entre plantas de 0.50 m. se utilizaron cinco especies de *Tagetes*: *Tagetes foetidissima*, *T. coronopifolia*, *T. erecta*, *T. terniflora* y *T. lemmoni*; perteneciente al Programa de Rescate y Mejoramiento Genético de *Tagetes* spp. de la UACH.

Para evaluar los cambios espaciales de diversidad y abundancia de los insectos depredadores se realizaron diez muestreos durante el ciclo de cultivo. Se colectó el material entomológico cada quince días, de mayo a octubre de 2011. Los muestreos se realizaron con red entomológica de golpeo en cada repetición. El material biológico colectado se depositó en bolsas de plástico de 1 kg de capacidad, con alcohol etílico al 50%; dicho material se etiquetó con la fecha de colecta y especie de *Tagetes*. En el laboratorio los individuos de cada muestra se preservaron en frascos de vidrio con etanol al 70%, hasta su identificación a los niveles de género y especie de cada muestreo. A los datos obtenidos se les aplicó inicialmente la comparación de medias de LSD de Fisher, análisis de correlación (AC), también se efectuó el análisis de componentes principales (ACP); se evaluó la diversidad alfa (α) mediante la riqueza específica, métodos no paramétricos y la estructura de la población

El análisis estadístico se elaboró con el paquete estadístico STATGRAPHICS Centurión XVI.II © y MINITAB 13.1 ©.

Resultados

De los 10 muestreos se colectaron 1010 individuos de insectos depredadores distribuidos en 5 órdenes, 20 familias, 25 géneros y se lograron identificar 8

especies. La mayor riqueza de familias se encontró en Coleoptera (10), seguida de Hemiptera (4), el resto se agrupó en Hymenoptera (2), Diptera (2) y Neuroptera (2); la familia con mayor diversidad de géneros fue Coccinellidae (4), seguidos de Anthocoridae (2), Syrphidae (2), Melyridae (2) y Staphylinidae (2), estas cinco familias representaron el 71.6% del total de insectos muestreados.

En la primer etapa del análisis, se realizó el análisis estadístico básico (medidas de tendencia central, de variabilidad y de deformación), con esta información se realizó la comparación de medias, obteniéndose que en *T. coronopifolia*, *T. foetidissima* y *T. lemmoni* se formaron cuatro grupos de medias, a diferencia de *T. erecta* en la que sólo se formaron dos grupos y en *T. terniflora* se presentó la mayor cantidad de grupos de medias (5) y 17 géneros de depredadores. El comportamiento de *Malachius* spp., fue notable debido a que el valor promedio en las cinco especies de *Tagetes* siempre formó un grupo diferente, por lo que fue estadísticamente significativo; en *T. coronopifolia* presentó una media de 11.8 insectos, valor similar que en *T. terniflora* la cual fue de 11.2; en *T. lemmoni* su media fue de 7.3; el valor más alto se presentó en *T. erecta* con 12.2 y el menor en *T. foetidissima* con 3.6. El género *Chrysopa* mostró un comportamiento particular ya que en *T. terniflora* se obtuvo una media de 7.3 ejemplares, mientras que en las demás especies su media fue muy baja (0.3 y 0.8). Otro género que presentó diferencia significativa fue *Mordella* el cual se colectó en las cinco especies de *Tagetes* evaluadas, misma que en *T. coronopifolia* obtuvo el valor más alto (5.1), seguida de *T. lemmoni* (3.4), *T. erecta* (2.5) y los valores más bajos 1.5 y 1.2, en las especies *T. foetidissima* y *T. terniflora*, respectivamente. El resto de los géneros de depredadores tuvieron medias muy bajas (0.1), ya que se capturaron pocos individuos, y entre ellos no hubo diferencias significativas (Cuadro 1).

Del Análisis de Correlación (AC) se obtuvieron las matrices de las correlaciones momento producto de Pearson (r) entre cada par de variables; para el caso de *T. coronopifolia* se formaron 13 pares de variables con valores de $P < 0.05$. Los pares formados fueron, *Collops-Chrysopa*, *Collops-Chryptocephalus*, *Collops-Nabis*, *Collops-Cydneus*, *Stenus-Malachius*, *Chrysopa-Mordella*, *Chrysopa-*

Chryptocephalus, *Chrysopa-Nabis*, *Chrysopa-Cydnus*, *Chryptocephalus-Nabis*, *Chryptocephalus-Cydnus*, *Nabis-Cydnus*, y por último *Lathrobium-Notoxus*.

Cuadro 1. Comparación de medias de los géneros de insectos depredadores colectados en las cinco especies de *Tagetes*.

<i>T. coronopifolia</i>			<i>T. erecta</i>			<i>T. foetidissima</i>			<i>T. lemmoni</i>			<i>T. terniflora</i>		
Género	Media	Grupos	Género	Media	Grupos	Género	Media	Grupos	Género	Media	Grupos	Género	Media	Grupos
CHA	0.1	A	EFF	0.1	A	SCY	0.1	A	COC	0.1	A	NAB	0.1	A
NOT	0.1	A	CYD	0.1	A	CHA	0.1	A	SCY	0.1	A	COL	0.1	A
CRO	0.1	A	MIC	0.1	A	ENO	0.1	A	GEO	0.1	A	GEO	0.1	A
CYD	0.1	A	SYM	0.1	A	CHRY	0.1	A	ERIS	0.2	AB	SCY	0.1	A
SCY	0.1	A	GEO	0.2	A	COL	0.2	A	HIP	0.4	AB	ROD	0.1	A
LAT	0.4	A	HIP	0.2	A	CHR	0.3	A	STE	0.4	AB	CER	0.1	A
CHR	0.5	A	COL	0.2	A	CRO	0.4	A	CRO	0.5	AB	CHA	0.1	A
CHRY	0.5	A	CHA	0.2	A	STE	0.4	A	CHR	0.8	AB	SYM	0.1	A
HIP	0.5	A	CRO	0.2	A	HIP	0.4	A	ORI	2.3	AB	CHRY	0.2	A
NAB	0.6	A	CHRY	0.3	A	MOR	1.5	AB	MOR	3.4	B	PHO	0.2	A
STE	0.8	AB	SCY	0.3	A	ORI	2.8	BC	MAL	7.3	C	CRO	0.4	AB
COL	0.9	AB	CHR	0.5	A	MAL	3.6	C				STE	1.1	AB
ORI	2.9	AB	STE	0.9	A							MOR	1.2	AB
MOR	5.1	B	MOR	2.5	A							HIP	1.4	AB
MAL	11.8	C	ORI	3.6	A							ORI	5.4	BC
			MAL	12.2	B							CHR	7.3	CD
												MAL	11.2	D

(HIP) *Hippodamia*, (ORI) *Orius*, (GEO) *Geocoris*, (CRO) *Crossocerus*, (COL) *Collops*, (STE) *Stenus*, (CHR) *Chrysopa*, (CHA) *Chauliognathus*, (SYM) *Sympherobius*, (MAL) *Malachius*, (CER) *Cerceris*, (MOR) *Mordella*, (PHO) *Photuris*, (ROD) *Rodolia*, (CHRY) *Chryptocephalus*, (SCY) *Scymnus*, (NAB) *Nabis*, (CYD) *Cydnus*, (LAT) *Lathrobium*, (NOT) *Notoxus*, (EFF) *Efferia*, (MIC) *Microdon*, (ENO) *Enoclerus*, (ERIS) *Eristalis*, (COC) *Coccinella*. Medias con la misma letra, por columna, son estadísticamente no diferentes, LSD $p \leq 0.05$.

Es relevante señalar que los géneros *Collops* y *Chrysopa* presentaron 4 correlaciones significativas con los otros depredadores, estos géneros se combinaron con *Chryptocephalus*, *Nabis* y *Cydnus*. En *T. erecta* también se formaron 13 pares de correlaciones significativas: *Hippodamia-Microdon*, *Geocoris-Collops*, *Geocoris-Sympherobius*, *Crossocerus-Scymnus*, *Stenus-Microdon*, *Chrysopa-Sympherobius*, *Chauliognathus-Sympherobius*, *Malachius-Chryptocephalus*, *Malachius-Cydnus*, *Malachius-Efferia*, *Chryptocephalus-Cydnus*, *Chryptocephalus-Efferia* y finalmente el par que incluye a los géneros *Cydnus-Efferia*. En *T. foetidissima* se tuvieron cuatro pares de correlaciones significativas, entre los géneros *Crossocerus-Enoclerus*, *Collops-Scymnus*, *Collops-Enoclerus* y

finalmente *Mordella-Scymnus*. Cabe destacar que el género *Malachius* que estuvo presente en todos los muestreos, y en todas las especies de *Tagetes*, en ésta no tuvo ninguna correlación significativa. En *T. lemmoni* se obtuvieron cinco pares de correlaciones significativas entre los géneros, *Hippodamia-Collops*, *Orius-Geocoris*, *Crossocerus-Malachius*, *Crossocerus-Scymnus*, *Eristalis-Collops*. Finalmente, en *T. terniflora* se formaron 16 pares de correlaciones significativas; el género *Chrysopa* formó cuatro pares con los géneros *Chauliognathus*, *Symphorobius*, *Cerceris* y *Rodolia*; los demás pares se formaron entre *Hippodamia* con *Orius* y *Geocoris*; *Chauliognathus* con *Scymnus*, *Cerceris* y *Chryptocephalus*; *Symphorobius* con *Cerceris* y *Chryptocephalus*; *Photiris* con *Rodolia* y *Nabis*, y los tres últimos pares fueron *Orius-Geocoris*, *Cerceris-Chryptocephalus*, y *Malachius-Mordella*.

Con los datos ponderados de densidad de depredadores de cada especie de *Tagetes*, respecto a las variables consideradas (géneros de insectos depredadores), de cada muestreo, se elaboraron las matrices con las cuales se realizó el Análisis de Componentes Principales a partir del sistema de coordenadas formado por el componente principal 1 (CP1) en el eje “x”, y el componente principal 2 (CP2), en el eje “y”. Cada sistema está compuesto por cuadrantes en los cuales puede presentarse una correlación positiva, negativa o en ambos sentidos entre las especies de *Tagetes* y los depredadores. La correlación y posición espacial del agrupamiento de los géneros demuestran que tienen características similares, lo que hace posible tales agrupaciones.

El Análisis de Componentes Principales (ACP) aplicado a los datos de la especie *T. coronopifolia* mostró que los tres primeros componentes principales explican el 60.63% de la varianza total acumulada entre los géneros de insectos, el primer componente contribuyó con el 31.52% de la varianza total explicada de manera positiva por los géneros *Hippodamia*, *Lathrobium*, *Notoxus*, *Crossocerus* y *Scymnus*, y de forma negativa se explicó con *Malachius*, *Stenus* y *Orius*; el segundo componente aportó el 16.60% de la varianza total, en este componente las correlaciones de los géneros *Hippodamia*, *Crossocerus* y *Orius* fueron las que influyeron de forma positiva; mientras que *Cydnius*, *Mordella* y *Chrysopa* influyeron

de manera negativa y el tercer componente contribuyó con el 12.50% de la varianza total, la cual quedó determinada de forma positiva por los géneros *Stenus*, *Orius* y *Malachius*; y de forma negativa por *Chrysopa*, *Crossocerus* y *Mordella* (Cuadro 3).

Cuadro 3. Varianza explicada por los tres primeros componentes principales de la composición del muestreo realizado en las cinco especies de *Tagetes* evaluadas.

Especie	Componente	Autovalor	Porcentaje de Varianza	Porcentaje Acumulado
<i>T. coronopifolia</i>	1	4.72	31.52	31.52
	2	2.49	16.6	48.12
	3	1.87	12.5	60.63
<i>T. erecta</i>	1	4.44	27.79	27.79
	2	3.01	18.86	46.66
	3	2.37	14.86	61.52
<i>T. foetidissima</i>	1	3.05309	25.442	25.442
	2	2.56321	21.36	46.803
	3	2.05878	17.156	63.959
<i>T. lemmoni</i>	1	3.01248	27.386	27.386
	2	2.66311	24.21	51.596
	3	1.53852	13.987	65.583
<i>T. terniflora</i>	1	4.38235	25.779	25.779
	2	3.81268	22.428	48.206
	3	2.60602	15.33	63.536

En la especie *T. erecta*, el ACP mostró que los tres primeros componentes explican el 61.52% de la varianza total acumulada de los insectos depredadores encontrados en esta especie; el primer componente explica el 27.79% de la varianza total y estuvo representado de manera positiva por los géneros *Malachius*, *Cydnus* y *Efferia*, y de forma negativa por *Orius*, *Scymnus* y *Crossocerus*; el segundo componente representó el 18.87% de la varianza total, y se explicó de forma positiva por los géneros *Microdon*, *Crossocerus* e *Hippodamia* y negativamente por *Collops*, *Mordella* y *Malachius* y el tercer componente de la varianza total quedó representado por el 14.86%, y se explica positivamente con los géneros *Hippodamia*, *Orius* y *Microdon*, y de manera negativa con los géneros *Chauliognathus*, *Scymnus* y *Cydnus* (Cuadro 3).

En el ACP de *T. foetidissima* se explica que los tres primeros componentes representaron el 63.96% de la varianza total acumulada de los géneros de insectos

depredadores, el primer componente representó el 25.44% de la varianza total, interpretado de manera positiva por los géneros *Collops*, *Scymnus* y *Mordella*, y negativamente por los géneros *Chryptocephalus*, *Malachius* y *Chauliognathus*; el segundo componente contribuyó con el 21.36% de la varianza total, explicado positivamente por *Mordella*, *Hippodamia*, *Scymnus*, y de manera negativa por *Chrysopa*, *Collops*, *Chryptocephalus* y el tercer componente explicó el 17.16% de la varianza total, el cual estuvo explicado de manera positiva por *Orius*, *Chrysopa* y *Mordella* y de forma negativa por *Hippodamia*, *Collops* y *Malachius* (Cuadro 3).

En la especie *T. lemmoni*, la varianza total representó el 65.58% y se explicó con los tres primeros componentes, al primero correspondió el 27.37% de la varianza y estuvo explicado positivamente por los géneros *Collops*, *Hippodamia* y *Eristalis*, y negativamente por *Scymnus*, *Mordella* y *Stenus*; el segundo componente se explicó de manera positiva por *Crossocerus*, *Malachius* y *Scymnus* y negativa por los géneros *Hippodamia*, *Eristalis* y *Chrysopa* y éste representó el 24.21% de la varianza total acumulada; el tercer componente representó el 13.99% de la varianza total, y se explicó de manera positiva por los géneros *Geocoris*, *Scymnus* y *Orius* y negativamente por *Chrysopa*, *Stenus* y *Mordella* (Cuadro 3).

Por último, en *T. terniflora* los tres primeros componentes del ACP, explicaron el 63.64% de la varianza total; el primero explica el 25.78%, de manera positiva quedó representado por los géneros *Chauliognathus*, *Symnus* y *Cerceris*; y negativamente por *Mordella*, *Rodolia* y *Scymnus*; el segundo componente representó el 22.43% de la varianza y se explicó positivamente con los géneros, *Hippodamia*, *Orius* y *Geocoris*, y de forma negativa por *Chrysopa*, *Rodolia* y *Scymnus*; el tercero se explicó positivamente con los géneros *Rodolia*, *Photuris* y *Crossocerus*, y negativamente con *Chryptocephalus*, *Chauliognathus* y *Symnus*, éste representó el 15.33% de la varianza total (Cuadro 3).

La interpretación del comportamiento de las variables en el ACP (Figura 1), se basó en la separación angular y la longitud de los vectores; de acuerdo con éstos datos en la especie *T. coronopifolia* se formaron tres grupos bien definidos de géneros de depredadores, el primer grupo ubicado en el cuadrante II comprendió los géneros

Collops, *Nabis* y *Cydnus*, los cuales en el AC presentaron valores altos [NAB-CYD (r) = 0.9444]; [COL-CYD (r) = 0.9031] y [COL-NAB (r) = 0.804]; el segundo estuvo integrado por *Chryptocephalus* y *Chrysopa* con un valor (r) de 0.8001 y se ubicó en el tercer cuadrante; el último grupo se formó con los géneros *Lathrobium* y *Notoxus*, ubicados en el cuadrante IV; los cuales presentaron la mejor asociación, teniendo como soporte teórico el Análisis de Correlación (AC), cuyo valor (r) fue de 1.0, con una correlación positiva perfecta.

En *T. erecta* el primer grupo se encontró en el cuadrante I, formado por los géneros *Microdon* e *Hippodamia* con un valor (r) = 0.6667; el segundo grupo se localizó en el cuadrante III, en él se ubicaron los géneros *Geocoris*, *Chrysopa*, *Symnus* y *Chauliognathus*; [GEO-SYM (r) = 0.6667, CHR-SYM (r) = 0.9039 y CHA-SYM (r) = 0.6667]; los que presentaron correlaciones significativas en el AC; en el cuadrante IV, se formó el último grupo con *Malachius*, *Efferia*, *Cydnus* y *Chryptocephalus* con valores (r) = 0.8716, 0.8236, 0.8850, respectivamente; los géneros *Efferia* y *Cydnus* tuvieron valor (r) = 1, lo que significa una correlación positiva perfecta, además la longitud del vector es igual y el valor de la separación angular es mínimo.

En el caso de *T. foetidissima* se formaron dos grupos de depredadores; en el primer cuadrante se ubicó el grupo formado por *Mordella* y *Scymnus*, estos datos corresponden con los del AC, ya que presentaron un valor (r) = 0.9703 representando una correlación positivamente fuerte; en el cuadrante IV se localizó el grupo formado por *Crossocerus* y *Enoclerus*, con un valor (r) = 0.8040, que al igual que el anterior tiene una correlación positivamente fuerte.

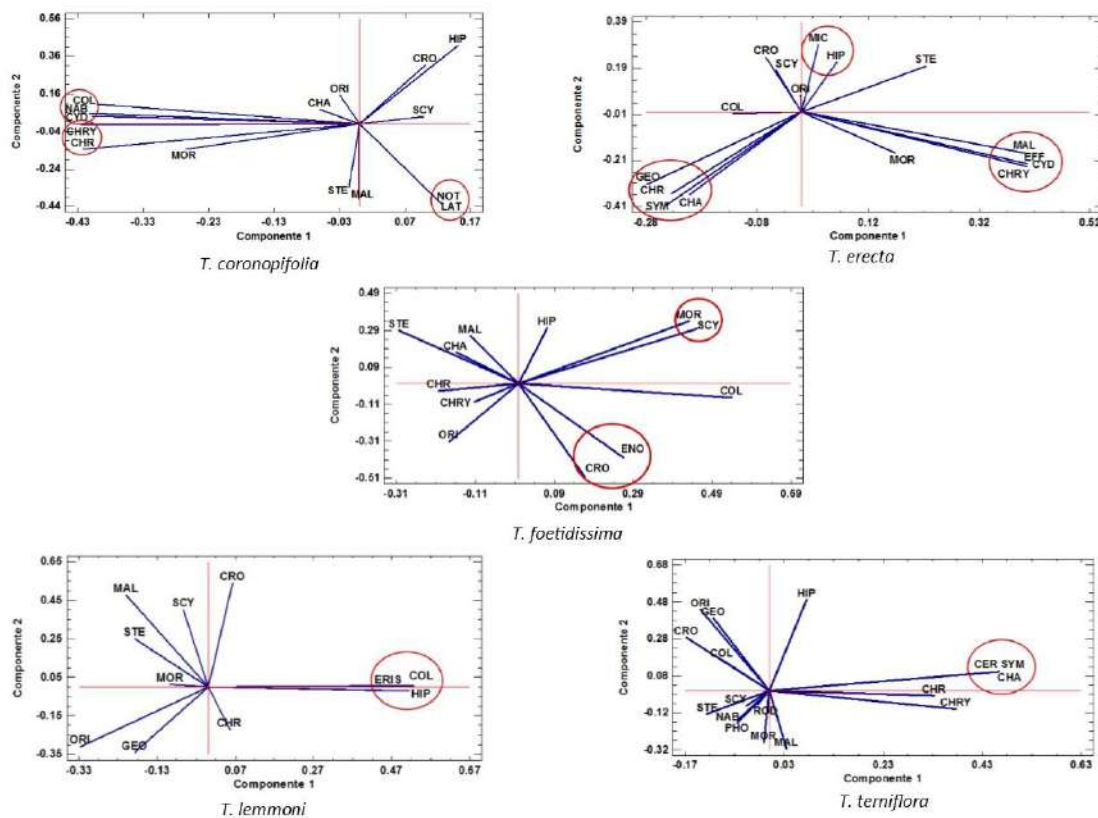


Figura 1. Análisis de Componentes Principales de los géneros de insectos depredadores en las cinco especies de *Tagetes* evaluadas.

En la especie *T. lemmoni* se formó un sólo grupo, formado por *Collops*, *Eristalis* e *Hippodamia*, esta misma agrupación se observa en el AC con valores (r) = 0.6061, 0.6667, 0.9456, respectivamente, mostrando correlaciones positivas significativas. Finalmente, en *T. terniflora* se formó un grupo en el cuadrante I, donde los géneros *Chauliognathus*, *Symnus* y *Cerceris* tuvieron los mismos valores para los tres componentes, y en el AC el valor fue de (r) = 1, lo que indica que tienen una correlación perfectamente positiva.

La segunda etapa del análisis consistió en la estimación de la diversidad alfa de los insectos depredadores. La riqueza específica se calculó con el índice de Margalef (D_{Mg}); la especie en que se obtuvo la mayor riqueza de géneros fue en *T. terniflora* con D_{Mg} = 2.82, seguida de *T. erecta* D_{Mg} = 2.79; *T. coronopifolia* y *T. foetidissima* presentaron un D_{Mg} = 2.55 y 2.39, respectivamente; y *T. lemmoni* fue la que presentó el valor más bajo D_{Mg} = 1.28 (Cuadro 4).

Para evaluar la equidad se utilizó el índice de Shannon-Wiener (H') el cual presentó los siguiente valores: *T. erecta* ($H' = 1.52$); *T. lemmoni* ($H' = 1.57$); *T. coronopifolia* ($H' = 1.67$), *T. terniflora* ($H' = 1.71$) y *T. foetidissima* ($H' = 1.76$) (Cuadro 4), estos valores son indicativos de la equidad de la comunidad muestreada; es decir, una comunidad es más equitativa cuando el número de individuos presentes es el mismo para cada especie (Barajas, 2005). Por lo tanto, en el caso de *T. coronopifolia* donde se colectaron 245 ejemplares, si existiera el mismo número de individuos en los 15 géneros de depredadores, la equidad ideal (5.501) correspondería al logaritmo de 245; sin embargo, para poder comparar este índice fue necesario determinar la diferencia entre la equidad ideal y el valor del índice ($H' = 1.67$) resultando 3.831 en esta especie; este mismo procedimiento se aplicó a todas las especies de *Tagetes* para comparar la equidad entre ellas. Por lo que en el resto de las especies de *Tagetes* el valor ideal de equidad se obtuvo de la siguiente manera, en *T. erecta* del logaritmo de 217 (5.379); para *T. foetidissima* del logaritmo de 100 (4.605); en el caso de *T. lemmoni*, del logaritmo de 156 (5.049) y por último en *T. terniflora*, del logaritmo de 292 (5.676); y la diferencia entre los valores de equidad ideal y el índice H' fue la siguiente: 3.859 en *T. erecta*; 2.845 en *T. foetidissima*; 3.479 en *T. lemmoni* y de 3.960 en *T. terniflora*; por lo que, la especie *T. foetidissima* fue la que presentó el mayor valor y *T. terniflora* el mínimo de equidad.

El índice de Pielou (J') presentó valores entre 0.47 a 0.79 en las cinco especies de *Tagetes*, los cuales son consistentes con los valores del índice de Shannon-Wiener (H') dónde *T. erecta* presentó el valor más bajo (0.47), este dato se relaciona con una alta dominancia de algunos géneros de insectos depredadores como el caso de *Malachius* (122) y *Orius* (36). El valor más alto (J') se obtuvo en *T. lemmoni* $J' = 0.79$ donde predominaron *Orius* (23), *Malachius* (73) y *Mordella* (34) (Cuadro 4). El índice de Brilloun (HB) tuvo un comportamiento similar al de Pielou (J'), aunque en este caso fue *T. terniflora* la que presentó el valor más alto (HB = 1.63) y el valor más bajo correspondió a *T. erecta* (HB = 1.43). Con estos índices se infiere que la uniformidad fue similar en cada especie de *Tagetes* (Cuadro 4).

Para determinar la dominancia, se utilizó el índice de Simpson (D) con este índice la mayor dominancia se encontró en *T. erecta* (D = 0.36), así mismo las especies *T.*

coronopifolia y *T. lemmoni* tuvieron el mismo valor ($D = 0.29$), seguidos de *T. terniflora* ($D = 0.25$); la menor dominancia se encontró en *T. foetidissima* ($D = 0.23$) este valor coincide con el comportamiento general de los depredadores en esta especie de *Tagetes*, en la que se colectó la menor cantidad de insectos (Cuadro 4). El índice Berger-Parker (B) se explica de la misma manera que el de Simpson (D), ya que considera la importancia proporcional de la especie o especies más dominantes dentro de la muestra. De acuerdo con este índice (B), la especie que presentó la mayor dominancia de depredadores fue *T. erecta* ($B = 0.56$), y la menor dominancia fue *T. foetidissima* ($B = 0.36$). La dominancia fue mayor en *T. erecta* en ambos índices, debido a la gran abundancia de *Malachius* en esta especie. En ambos índices la especie que presentó el valor más bajo fue *T. foetidissima*, especie con menor diversidad y número de depredadores, datos que corresponden con el índice Shannon-Wiener (H'), ya que es la especie que tuvo la mayor equidad en todo el muestreo (Cuadro 4).

Cuadro 4. Índices de riqueza específica, equidad y dominancia utilizados para entender el comportamiento de los insectos depredadores en las cinco especies de *Tagetes*.

Especie de <i>Tagetes</i>	Riqueza específica	Equidad			Dominancia	
	Margalef (DMg)	Shannon-Wiener (H')	Pielou (J')	Brilloun (Hg)	Simpson (D)	Berger- Parker (B)
<i>T. coronopifolia</i>	2.55	1.67	0.52	1.58	0.29	0.48
<i>T. erecta</i>	2.79	1.52	0.47	1.43	0.36	0.56
<i>T. foetidissima</i>	2.39	1.76	0.55	1.60	0.23	0.36
<i>T. lemmoni</i>	1.98	1.57	0.79	1.47	0.29	0.47
<i>T. terniflora</i>	2.82	1.71	0.53	1.63	0.25	0.38

Discusión

De los géneros de depredadores encontrados, *Malachius*, *Orius* y *Mordella* fueron los que presentaron mayor importancia ecológica, éstos se alimentan de una gran diversidad de insectos, tanto en el estado inmaduro como de adulto. El comportamiento del género *Malachius* es sobresaliente, ya que en todos los análisis presentó valores estadísticamente significativos; otros géneros que se mantuvieron

constantes pero con menor cantidad de individuos fueron *Hippodamia*, *Crossocerus*, *Stenus* y *Chrysopa*. Del análisis de los datos con parámetros estadísticos se pudo observar que estos géneros de depredadores presentaron la mayor cantidad de valores significativos y mayor consistencia en los muestreos; el resto de los géneros, se podría presuponer, fueron colectados al azar, es decir que fue aleatorio que se encontraran en el momento de la captura, por lo que no necesariamente son atraídos por los metabolitos secundarios que producen este tipo de plantas.

De las especies de *Tagetes* evaluadas, *T. terniflora* fue la que presentó la mayor diversidad y riqueza de insectos depredadores, comportamiento que se podría atribuir a que el aceite esencial de sus hojas contiene mayoritariamente componentes como el cis-ocimeno, la cis y trans-tagetona y componentes minoritarios como la cis y tran-ocimenona y la dihidrotagetona (Stefanazzi *et al.*, 2006) que probablemente, sirvan a la planta como atrayentes para estos insectos depredadores a los que sirve como hospedera, por lo que el uso del aceite esencial de esta planta se podría utilizar para atraer a este grupo de insectos benéficos al agroecosistema.

T. coronopifolia presentó el segundo lugar en cuanto a riqueza de insectos, especie de la cual se conoce el contenido de flavonoides, como la quecetagetina-7-glucósido, isorhamnetina, quercetina, quercetina-3-glucósido, quercetina-3-diglucósido y miricetina-7-glucósido (Abdala, 1999). Este mismo comportamiento encontró Hilerio (2013), en esta especie de *Tagetes* donde colectó el mayor número de insectos plaga.

En la especie *T. erecta* también se podría atribuir la presencia de depredadores al aceite esencial que contiene esta planta, en el cual se reportan 26 componentes, donde el (Z)- β -ocimeno y la dihidrotagetona ocupan la mayor proporción (Sigh *et al.*, 2003).

Las especies *T. lemmoni* y *T. foetidissima* fueron las que presentaron la menor abundancia y diversidad de insectos depredadores; esto se podría atribuir a que en *T. foetidissima* los principales compuestos del aceite esencial son el citenol y el

alcohol bencílico y en *T. lemmoni* los compuestos mayoritarios son la dihidro-tagetona, trans-tagetona y trans-ocimenona (Tucker y Maciarelo, 1996); éstos favorecen que sea una planta muy aromática (Villareal, 2003), sustancias que emite la planta para protegerse del ataque de insectos.

Con estos parámetros ecológicos, se podría sugerir que al menos *T. terniflora* y *T. coronopifolia*, tendrían potencial para incorporarse como elementos importantes en el diseño de agroecosistemas, lo que tiene como soporte la teoría de los enemigos naturales propuesta por Root (1973), Rabb *et al.*, (1976) y Altieri y Nicholls, (2010); estas especies funcionarían como plantas multipropósito, actuando como hospederas de insectos depredadores, así como cultivo trampa para insectos plaga que servirían como alimento de los depredadores, además de incrementar la biodiversidad en el agroecosistema.

Conclusiones

Se colectaron 1010 individuos pertenecientes a 25 géneros de insectos depredadores, los más representativos fueron *Malachius*, *Mordella*, *Orius*, *Chrysopa* *Hippodamia* y *Stenus*.

Los géneros *Malachius* y *Mordella* presentaron diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en todas las especies de *Tagetes* ya que su media siempre formó un grupo diferente; el género *Chrysopa* sólo fue significativo en *T. terniflora*.

El análisis de componentes principales arrojó 3 grupos en *T. coronopifolia* y *T. erecta* [(COL-NAB-CYD), (CHRY-CHR) y (LAT-NOT)] y [(MIC-HIP), (GEO-CHR-SYM-CHA) y (MAL-EFF-CYD-CHRY)], respectivamente; dos grupos en *T. foetidissima* [(MOR-SCY) y (CRO-ENO)]; y sólo uno en *T. lemmoni* (COL-ERI-HIP) al igual que en *T. terniflora* (CHA-SYM-CER).

La mayor riqueza específica [índice de Margalef ($D_{Mg}=1.82$)], se presentó en *T. terniflora*, mientras que *T. foetidissima* mostró la mayor equidad [índice de Shannon-Wiener ($H'=1.76$)] y la mayor dominancia se encontró en *T. erecta* [índice de Simpson ($D=0.36$) e índice de Berger-Parker ($B=0.56$)], debido a que *Malachius* fue el género más abundante en esta especie.

Las especies *T. terniflora* y *T. coronopifolia* tienen potencial para incorporarse a los agroecosistemas como plantas hospederas de insectos depredadores debido a que en estas fue donde se encontró la mayor diversidad y abundancia de depredadores.

Literatura Citada

- Abdala, L. R. 1999. Caracterización quimiosistemática de las especies argentinas del género *Tagetes* (Asteraceae). Bol. Soc. Argent. Bot. 34, 39.
- Altieri, M. A. y C. Nicholls. 2010. Diseños agroecológicos para incrementar la biodiversidad de entomofauna benéfica en agroecosistemas. Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología SOCLA. Colombia 83 p.
- Barajas, Gea. I. 2005. Evaluación de la diversidad de la flora en el campus Juriquilla de la UNAM. Bol-e. 1:2.
- Hilerio, C., A. 2013. Diversidad de insectos plaga asociados a cinco especies del género *Tagetes*. Tesis maestría. Depto. de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo. México. 73 p.
- Nicholls, C. 2008. Control biológico de insectos: un enfoque agroecológico. (Colección ciencia y tecnología). Editorial Universidad de Antioquia. 282 p.
- Rabb, R. L., R. E. Stinner, y R. Van den Bosch. 1976. Conservation and augmentation of natural enemies. In: Theory and Practice of Biological Control (Huffaker CB, Messenger PS, Eds.). New York: Academic Press, pp. 233- 253.
- Root, R. B. 1973. Organization of a plant-arthropod association in simple and diverse habitats: the fauna of collards (*Brassicae oleraceae*). Ecological Monographs 43: 95-124
- Serrato-Cruz, M. A. 2004 Cempoalxóchitl: diversidad biológica y usos. Ciencia y desarrollo. Revista bimestral. Julio-agosto 2004. CONACYT. 01-06.
- Singh, G., O. P. Singh, M. P. De Lampasona y C. Catalan. 2003. Studies on essential oils. Part 35: chemical and biocidal investigations on *Tagetes erecta* leaf volatile oil. Flavour Fragr. J. 18: 62-65.
- Stefanazzi, N., M. M. Gutiérrez, T. Stadler, N. A. Bonini, y A. A. Ferrero. 2006. Actividad biológica del aceite esencial de *Tagetes terniflora* Kunth (Asteraceae) en *Tribolium castaneum* Herbst (Insecta, Coleoptera, Tenebrionidae). Bol. Sanid. Veg. Plagas 32: 439-447.
- Tafolla-Arellano, J. C., A. González-León, M. E. Tiznado-Hernández, L. Zacarías García y R. Báez-Sañudo, 2013. Composición, fisiología y biosíntesis de la cutícula en plantas. *Revista fitotecnica mexicana*, 36(1), 3-12.
- Tucker, A. O. y M. J. Maciarelo. 1996. Volatile Leaf Oil of *Tagetes lemmonii* Gray. J. Essent. Oil Res. 8: 414-418.
- Urbaneja, A., J. L. Ripollés, R. Abad, J. Calvo, P. Vanaclocha, D. Tortosa, J. A. Jacas y P. Castañera. 2005. Importancia de los artrópodos depredadores de insectos y ácaros en España. Bol. San. Veg. Plagas, 31: 209-223.
- Villarreal, J. A. 2003. Compositae. Tribu Tageteae. En: Rzedowski, G. C. de y J. Rzedowski (Eds). Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes. Fascículo 113. Instituto de Ecología-Centro Regional del Bajío. Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán. México. 85 p.