

DIVERSIDAD DE ESPECIES DE PLANTAS ARVENSES EN TRES MONOCULTIVOS DEL BAJÍO, MÉXICO

DIVERSITY OF WEEDS SPECIES IN THREE MONOCULTURES FROM BAJIO, MEXICO

Guzmán-Mendoza, R.; V. Hernández-Hernández; M. D. Salas-Araiza y H. G. Núñez-Palenius.

DIVERSIDAD DE ESPECIES DE PLANTAS ARVENSES EN TRES MONOCULTIVOS DEL BAJÍO, MÉXICO.

DIVERSITY OF WEEDS SPECIES IN THREE MONOCULTURES FROM BAJIO, MEXICO.



DIVERSIDAD DE ESPECIES DE PLANTAS ARVENSES EN TRES MONOCULTIVOS DEL BAJÍO, MÉXICO**DIVERSITY OF WEEDS SPECIES IN THREE MONOCULTURES FROM BAJIO, MEXICO**

Guzmán-Mendoza, R.;
V. Hernández-Hernández;
M. D. Salas-Araiza
y H. G. Núñez-Palenius

DIVERSIDAD DE ESPECIES
DE PLANTAS ARVENSES
EN TRES MONOCULTIVOS
DEL BAJÍO, MÉXICO

DIVERSITY OF WEEDS
SPECIES IN THREE
MONOCULTURES FROM
BAJIO, MEXICO

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 53: 69-85. Enero 2022

DOI:
10.18387/polibotanica.53.5

R. Guzmán-Mendoza / rgzmz@yahoo.com.mx

*Departamento de Agronomía, División Ciencias la Vida, Universidad de Guanajuato,
Km 9 carretera Irapuato-Silao, CP 36821. Irapuato, Gto. México.*

V. Hernández-Hernández

*Tecnológico Nacional de México campus Irapuato, carretera Irapuato-Silao
km 12.5, Irapuato 36821, Irapuato, Guanajuato, México.*

M. D. Salas-Araiza

H. G. Núñez-Palenius

*Departamento de Agronomía, División Ciencias la Vida, Universidad de Guanajuato,
Km 9 carretera Irapuato-Silao, CP 36821. Irapuato, Gto. México.*

RESUMEN: Las plantas arvenses son fuertes competidoras en los cultivos, pero también constituyen un componente importante de los agroecosistemas, por lo que es relevante conocer aspectos de su ecología. El objetivo fue comparar la abundancia, riqueza y diversidad de arvenses presentes en monocultivos de maíz (mz), trigo (tg) y sorgo (sg). De noviembre 2018 a mayo 2019 se visitó el campo tres veces por mes, el muestreo se realizó por cuadrantes de 2 m². Las plantas se identificaron a nivel de especie y se organizaron por su estatus migratorio. Se realizaron índices de diversidad, curvas de acumulación de especies, un Análisis de Kruskal Wallis y un Análisis Discriminante para comparar poblaciones de arvenses. Se encontraron 28 especies, la riqueza total fue obtenida para maíz y trigo, pero no para sorgo. El maíz fue el cultivo con mayor cantidad de especies (S= 26) y con la diversidad significativamente mayor de plantas (H= 2.94) y también en cuanto a plantas nativas como exóticas (H = 1.91 y H = 1.94), respectivamente. La abundancia de arvenses fue significativamente mayor en mz. La composición de las poblaciones de arvenses fue distinta entre cultivos, el AD con 83% de la varianza separó tres grupos de acuerdo con el tipo de cultivo, lo que se reflejó en la estructura de las poblaciones arvenses. Las comunidades vegetales son diferentes entre cultivos a pesar de encontrarse en un ambiente espacialmente homogéneo, por lo que factores asociados al cultivo están influyendo en los patrones de diversidad. La riqueza de especies está dentro del rango reportado en otros agroecosistemas, pero la diversidad es mayor a algunos estudios reportados para sistemas de cultivo tradicional e intensivo. La presencia de especies nativas en la diversidad local es un indicador ecológico positivo para los cultivos.

Palabras clave: malezas, agroecología, agrobiodiversidad.

ABSTRACT: Weeds are a strong competitor for crops but, they also are an essential part of the agroecosystems, so it is better to know their ecology. The aim was to compare the abundance, richness and, diversity of weeds from monocultures of corn (mz), wheat (tg) and sorghum (sg). From November 2018 to May 2019 the crops were visited three times a month, the sampling was made by quadrants of 2 m². All plants were identified at the species level and organized by their immigration status. Diversity index, accumulation curves were calculated, also a Kruskal Wallis test and Discriminant analysis were made to compare between weeds populations. 28 species were found, the total richness was obtained for mz and tg but it did not for sg. The corn

was the cropping with more species ($S=26$) and, a significantly high diversity ($H=2.94$), it also was observed in native and exotic weed ($H=1.91$ y $H=1.94$, respectively). The weed abundance was significantly high in mz. The composition of weed populations was different between crops, the AD with 83% of variance explained separated three groups according to the type of crop, which was reflected in the structure of the weed populations. Plant communities are different between crops despite being in a spatially homogeneous environment. Hence, factors associated with the crops are influencing the diversity patterns observed. Species richness is inside of range of other agroecosystems but, diversity is higher than some studies reported for traditional and intensive farming systems. The present of native species in local diversity is a positive ecological indicator for crops.

Keywords: weeds, agroecology, agrobiodiversity.

INTRODUCCIÓN

Existen diferentes formas para definir a las plantas arvenses según el ámbito de estudio; en agronomía, estas plantas son competidoras que afectan negativamente a los cultivos (Blanco & Leyva, 2010), para la agroecología y la etnobotánica, este grupo vegetal puede incrementar la heterogeneidad del paisaje y proporcionar una gran variedad de beneficios, tales como refugio para insectos benéficos (Sans, 2007), salud, alimentación y rasgos de identidad cultural (Albino-García, Cervantes, López, Ríos-Casanova & Riva, 2011; Blancas, Casas, Pérez-Salicrup, Caballero & Vega, 2013). La alta diversidad promovida por las plantas arvenses contribuye con sitios de refugio (Letourneau *et al.*, 2011) y microhabitats (Munro, Fisher, Wood & Lindenmayer, 2009), que disparan distintas interacciones ecológicas que son vitales para los agroecosistemas, tales como la polinización, almacenaje de carbono, reciclaje de nutrientes, control de microclimas y procesos hidrológicos, así como la regulación de organismos dañinos contra los cultivos (Bengtsson, Ahnström & Weibull, 2005).

Se ha observado que en sistemas de cultivo tradicional hay una mayor diversidad de arvenses que en sistemas de cultivos intensivos (Perfecto, Mas, Dietsch & Vandermeer, 2003; Fernández & Marasas, 2015), como consecuencia en la agricultura intensiva hay pocos servicios ambientales lo que encarece las estrategias de control contra plagas y malezas (como también se denomina a las especies arvenses), por tal razón es importante conocer los rasgos ecológicos que promueven la diversidad taxonómica y funcional dentro de los agroecosistemas. En México hay más de 3,000 especies de plantas dentro de la categoría arvense, que corresponde al 12% de toda la flora vascular (Martínez-De la Cruz *et al.*, 2015), muchas de estas plantas tienen registro de utilidad práctica dentro de la salud, alimento y forraje, además de que inciden en los procesos culturales de los agroecosistemas campesinos-indígenas.

El Bajío Guanajuatense es una región agrícola importante para México principalmente por la variedad de cultivos que se producen tales como granos básicos (maíz, trigo, cebada, sorgo), hortalizas como lechuga, brócoli, espárrago y frutillas como la fresa. En el caso particular de los granos cubren el 70% de la superficie agrícola del Estado concebidos bajo un sistema altamente productivo, cuyos productos son destinados a los mercados nacionales e internacionales para alimento, forraje y propósitos industriales (Smale, Bellon, & Aguirre, 2001), lo que implica un alto consumo de insumos agroindustriales, en particular el 66.6% de los ingredientes activos de los herbicidas utilizados corresponde a la categoría de altamente peligrosos (Pérez-Ortega, Navarro-Garza, Flores-Sánchez, Ortega-García, & Tristán-Martínez, 2017).

En Guanajuato como en otras zonas agrícolas económicamente importantes, las plantas arvenses son consideradas como un obstáculo importante para la producción de cultivos ya sea por su capacidad de competencia o porque albergan plagas y enfermedades, razón suficiente para que las aplicaciones con herbicidas sean el principal medio de control con resultados moderados. Lo anterior ha derivado que la agricultura del Bajío como en muchas otras partes del mundo enfrente el grave reto de la pérdida de biodiversidad, que no sólo implica la

desaparición de especies sino también de características ecológicas funcionales para los agroecosistemas, lo que conforma un conjunto de rasgos útiles para diseñar estrategias de manejo, control y aprovechamiento en un esquema agroecológico. Por lo que el objetivo del trabajo fue registrar, evaluar y comparar la diversidad de plantas arvenses presentes en tres monocultivos tomando en cuenta el estatus migratorio de las especies. Esto con el fin de proporcionar información que sume evidencia al desarrollo de nuevos modelos conceptuales en torno al control, manejo y aprovechamiento de la riqueza vegetal arvense asociada a los agroecosistemas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de estudio

El trabajo se realizó en tres tipos de monocultivos de maíz (mz), trigo (tg) y sorgo (sg), ubicados en la comunidad de El Copal, Irapuato Guanajuato en las coordenadas 20° 44' 39.2" N y 101° 19' 39.4" W y a una altitud de 1,760 msnm. Las parcelas fueron localizadas entre sí a los 10 y 20 m de distancia, en un clima cálido semi húmedo dentro de una zona con irrigación de 28.5 ha, con una siembra regular de granos básicos como sorgo, trigo y maíz, y aplicación de agroquímicos como fungicidas, insecticidas, nematicidas y herbicidas, muchos altamente peligrosos tales como atrazina (2-cloro-4-6-1,3,5-triazina), glifosato (N-fosfonometilglicina, $C_3H_8NO_5P$, CAS 1071-83-6), paraquat (Dicloruro de 1,1'-dimetil-4,4'-bipiridilo), acetoclor (2 cloro N etoximetil -6'-etilacetato-toluidina) entre otros, aplicados por lo menos desde hace una década. El suelo es Xerosol con materia orgánica, el clima es cálido semi húmedo con lluvias en verano, con una temperatura promedio de 17.4 °C y una precipitación anual 680 mm (INEGI, 2011; García, 2004).

Muestreo de arvenses

Los muestreos se realizaron en cinco parcelas de mz y tg que comprendieron un total de 55,472 m² y 128,358m² respectivamente, y dos parcelas de sg con un total de 6,390 m². A partir del conocimiento del tamaño de las parcelas se contabilizó el número máximo de cuadrantes de 2x2 m y fueron trazados y numerados consecutivamente sobre una imagen aérea 1:100. La numeración de los cuadrantes fue organizada en Excel y la selección ocurrió a partir de las 100 aleatorizaciones, en mz (n = 42), tg (n = 35) y sg (n = 11). A partir de noviembre 2018 a mayo 2019 comprendiendo un ciclo como en otros estudios (Sánchez-Blanco & Guevara-Féfer, 2013; Loss, 2014; Albino-García, Cervantes, López, Ríos-Casanova & Riva, 2011), se realizaron tres visitas mensuales para medir la abundancia, riqueza y diversidad de plantas de cada uno de los cultivos. La selección del periodo de muestreo responde a que las plantas arvenses son más abundantes y representan un problema para los productores, quienes prefieren eliminar que conocer la identidad de las especies presentes en las parcelas, entonces el periodo seleccionado permite en este sentido obtener la mayor información posible sobre el tipo de especies que se pueden presentar en las parcelas. El esfuerzo de muestreo incluyó un total de 3,528 m² en mz, 2,940 m² en tg y 924 m² en sg. Las plantas en floración o fructificación fueron recolectadas para su identificación a especie usando las claves taxonómicas de Calderón de Rzedowski & Rzedowski (2004, 2005) y Espinosa & Sarukhán, (1997). Además, las especies se categorizaron en exóticas o nativas, según su estatus migratorio de acuerdo con la página de la CONABIO Malezas de México. Todas las plantas identificadas fueron depositadas en el Herbario de la División Ciencias de la Vida, Departamento de Agronomía Campus Irapuato, Universidad de Guanajuato,

Análisis estadístico

Los datos obtenidos por cultivo fueron usados para calcular riqueza, abundancia y diversidad de especies. Con esta información se calcularon las curvas máximas potenciales de riqueza de especies con los modelos Chao 1 y 2, ambos ocupados convencionalmente para evaluar inventarios biológicos con respecto al esfuerzo de muestreo (Jiménez-Valverde & Hortal, 2003); de acuerdo con López-Gómez & Williams-Linera (2006), estos modelos presentan

ventajas para comparar comunidades vegetales en contraste con modelos paramétricos de análisis de riqueza de especies, para la realización de este análisis se ocupó el programa EstimateS 7.0 (Colwell, 2004).

Se calcularon los índices de diversidad Shannon y Simpson, el primero fue para contrastar estadísticamente los valores observados por cultivo mediante la prueba t de Hutcheson (Zar, 1999), el segundo índice permitió calcular el índice de dominancia ($1/\lambda$) (Ludwing & Reynolds, 1988) y el índice de igualdad de Pielou's (J'), estos análisis se llevaron a cabo con el programa PAST (Hammer, Harper & Ryan, 2001).

Con el fin de minimizar la variabilidad entre los cultivos, los datos de abundancia fueron transformados a $\sqrt{n+0.5}$ (Zar, 1999), y se realizó un análisis de varianza no paramétrico de Kruskal-Wallis, en caso de encontrar diferencias significativas se aplicó una prueba de rangos con el programa Infostat (Di Rienzo, y otros, 2011).

Los datos de abundancia del estatus migratorio de cada especie fueron usados para calcular las curvas de rango-abundancia de Whittaker con el programa Biodiversity pro version 2 (McAleece, 1997). Las curvas fueron graficadas usando el logaritmo de la proporción de cada especie (n/N), y los datos ordenados de la mayor a menor abundancia. Los datos de abundancia también fueron transformados a $\sqrt{n+0.5}$ y comparados con la prueba U Mann-Whitney.

Con el fin de reconocer posibles diferencias entre las comunidades de arvenses en los cultivos se llevó a cabo un Análisis Discriminante (AD) con el programa Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2011).

RESULTADOS

Abundancia y diversidad de plantas arvenses

Se registraron 15 familias y 28 especies de plantas arvenses, de acuerdo con las curvas de máximo potencial de especies se obtuvo la mayor parte de la representatividad de la comunidad vegetal (Fig. 1). Las familias más representativas fueron: Asteraceae ($S=10$), Brassicaceae ($S=4$) y Solanaceae ($S=2$) (Tabla 1). Del número total de especies 60.7 % fueron nativas ($S=17$) y 39.2 % exóticas ($S=11$) pertenecientes a 11 y 6 familias respectivamente, siendo Asteraceae la de mayor cantidad de especies nativas ($S=4$), mientras que las especies exóticas fueron comúnmente encontradas en Asteraceae y Brassicaceae (Tabla 2). En este estudio cinco especies fueron muy abundantes, cuatro de ellas nativas: *Parthenium hysterophorus* L. (Asteraceae), *Portulaca oleracea* L. (Portulacaceae), *Amaranthus hybridus* L. (Amaranthaceae) y *Tithonia tubaeformis* (Jacq.) Cass. (Asteraceae). *Brassica nigra* (L.) W.D.J. Koch (Brassicaceae) fue la especie exótica más abundante (Tabla 1).

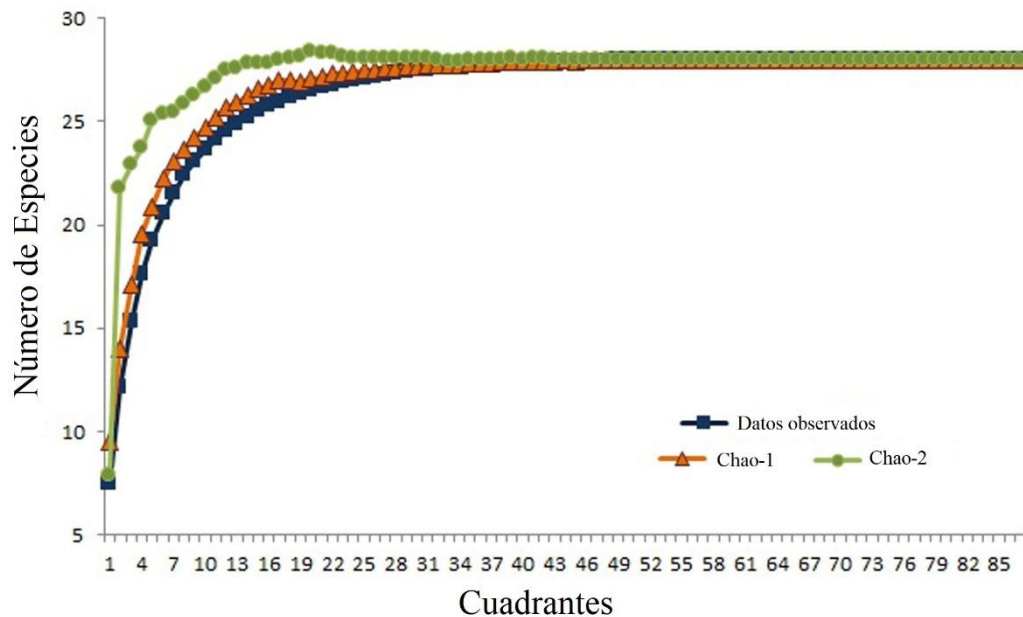


Fig. 1. Curvas de acumulación máxima de especies con los modelos de Chao 1 y Chao 2 para las especies observadas en el estudio.

Tabla 1. Listado de presencia-ausencia y cantidad total de especies arvenses en maíz (mz), trigo (tg) y sorgo (sg); ab= abundancia (media \pm EE); Em = estatus migratorio (N = nativa, E = exótica).

Familia/Especie	mz	tg	sg	ab	Em
Aizoaceae					
<i>Trianthema portulacastrum</i> L.	X	X	-	44 (0.5 \pm 0.1)	N
Amaranthaceae					
<i>Amaranthus hybridus</i> L.	X	X	X	120 (1.3 \pm 0.1)	N
Asteraceae					
<i>Bidens pilosa</i> L.	X	-	-	23 (0.2 \pm 0.2)	N
<i>Flaveria trinervia</i> (Spreng.) C. Mohr	X	-	-	8 (0.09 \pm 0.1)	N
<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	X	-	X	24 (0.2 \pm 0.1)	N
<i>Helminthotheca echioides</i> (L.) Holub	-	X	-	27 (0.3 \pm 0.1)	E
<i>Lactuca serriola</i> L.	X	-	-	6 (0.06 \pm 0.1)	E
<i>Parthenium hysterophorus</i> L.	X	X	X	231 (2.6 \pm 0.2)	N
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	X	X	X	71 (0.8 \pm 0.1)	E
<i>Taraxacum officinale</i> F.H. Wigg.	X	-	X	46 (0.5 \pm 0.1)	E
<i>Tithonia tubaeformis</i> (Jacq.) Cass.	X	X	-	108 (1.2 \pm 0.2)	N
<i>Zinnia haageana</i> Regel	X	X	X	99 (1.1 \pm 0.1)	N
Brassicaceae					
<i>Brassica nigra</i> (L.) W.D.J. Koch	X	X	X	105 (1.1 \pm 0.1)	E
<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik.	X	-	X	40 (0.4 \pm 0.1)	E
<i>Lepidium virginicum</i> L.	X	-	-	21 (0.2 \pm 0.1)	N
<i>Raphanus raphanistrum</i> L.	-	X	-	17 (0.1 \pm 0.1)	E
Convolvulaceae					
<i>Convolvulus arvensis</i> L.	X	X	X	35 (0.3 \pm 0.1)	E
Euphorbiaceae					
<i>Ricinus communis</i> L.	X	-	-	11 (0.1 \pm 0.1)	E
Lamiaceae					
<i>Salvia tiliifolia</i> Vahl	X	-	-	40 (0.4 \pm 0.1)	N

Familia/Especie	mz	tg	sg	ab	Em
Malvaceae					
<i>Anoda cristata</i> (L.) Schltdl.	X	X	-	48 (0.5 ±0.1)	N
Onagraceae					
<i>Oenothera rosea</i> L'Hér. ex Aiton	X	-	-	14 (0.1 ±0.1)	N
Orobanchaceae					
<i>Castilleja arvensis</i> Schltdl. & Cham.	X	-	-	51 (0.5 ±0.1)	N
Papaveraceae					
<i>Argemone ochroleuca</i> Sweet	X	-	X	11 (0.1 ±0.1)	N
Polygonaceae					
<i>Rumex longifolius</i> DC.	X	X	X	44 (0.5 ±0.1)	E
Portulacaceae					
<i>Portulaca oleracea</i> L.	X	X	X	136 (1.5 ±0.1)	N
Primulaceae					
<i>Lysimachia arvensis</i> subsp. <i>Arvensis</i>	X	-	-	61 (0.6 ±0.2)	E
Solanaceae					
<i>Calibrachoa parviflora</i> (Juss.) W.G. D'Arcy	X	X	X	89 (1.0 ±0.1)	N
<i>Physalis nicandroides</i> Schltdl.	X	-	-	7 (0.07 ±0.1)	N

Tabla 2. Cantidad de especies arvenses nativas y exóticas por familia taxonómica.

Familias	Arvenses Nativas	Arvenses Exóticas
Aizoaceae	1	-
Amaranthaceae	1	-
Asteraceae	6	4
Brassicaceae	1	3
Convolvulaceae	-	1
Euphorbiaceae	-	1
Lamiaceae	1	-
Malvaceae	1	-
Onagraceae	1	-
Orobanchaceae	1	-
Papaveraceae	1	-
Polygonaceae	-	1
Portulacaceae	1	-
Primulaceae	-	1
Solanaceae	2	-

El resultado de la prueba de Mann-Whitney encontró diferencias significativas en la abundancia entre plantas nativas y exóticas ($U = 361$, $p = 0.02$), siendo las primeras más abundantes (Mediana \pm Desviación Intercuartil = 36.9 ± 21.6) con respecto a las arvenses exóticas (12.6 ± 15.5). También hubo diferencias significativas en el índice de diversidad de Shannon ($t_{0.5(2)1137.8} = 7.28$, $p < 0.0001$) entre nativas ($H' = 2.44$) y exóticas ($H' = 2.18$). Sin embargo, la igualdad fue menor para las especies de arvenses nativas ($J' = 0.72$) que en las exóticas ($J' = 0.82$). La alta abundancia de *P. hysterothorus* puede ser la respuesta a este resultado (Fig. 2).

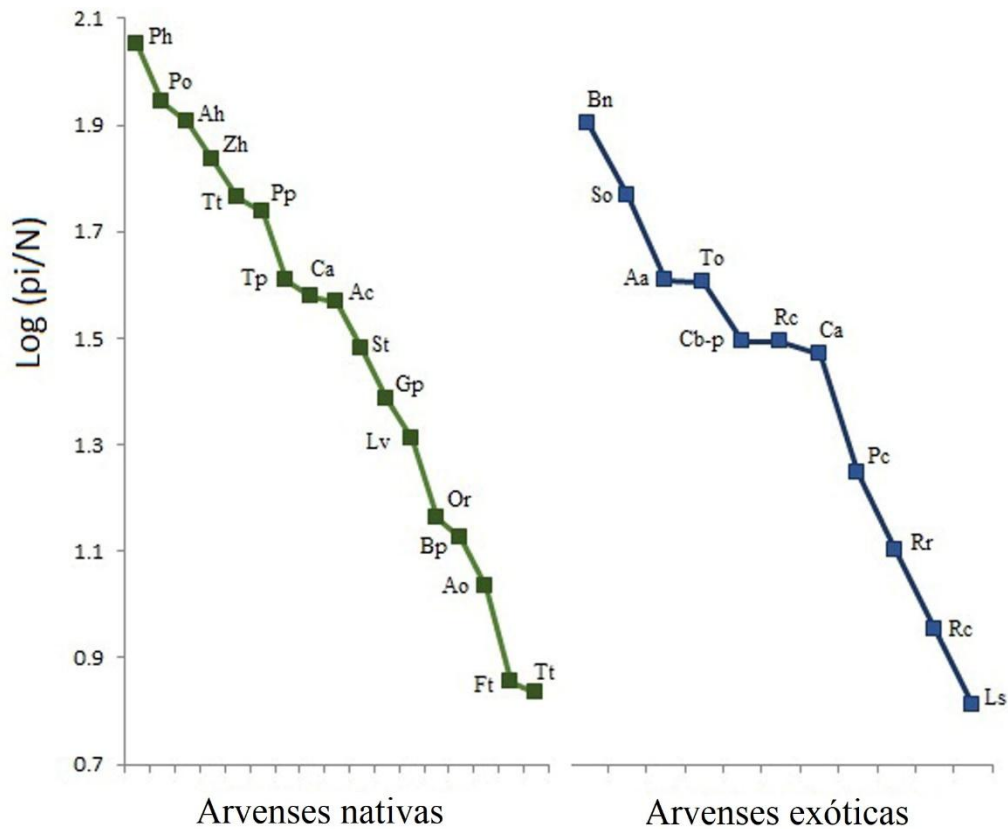


Fig. 2. Curvas de Rango-Abundancia ordenadas de mayor a menor abundancia. Las letras representan el nombre científico de las especies enlistadas en la tabla 1.

Riqueza y diversidad de plantas arvenses por cultivo

Se encontró la mayor riqueza de especies en mz ($S = 26$), mientras que tg y sg tuvieron 14 y 13 especies respectivamente. Las curvas de acumulación máxima de especies indican que se obtuvo la mayor cantidad de especies en mz y tg. Pero en sg no se logró llegar a la asíntota en la curva, lo que sugiere incrementar el esfuerzo de muestreo (Fig. 3).

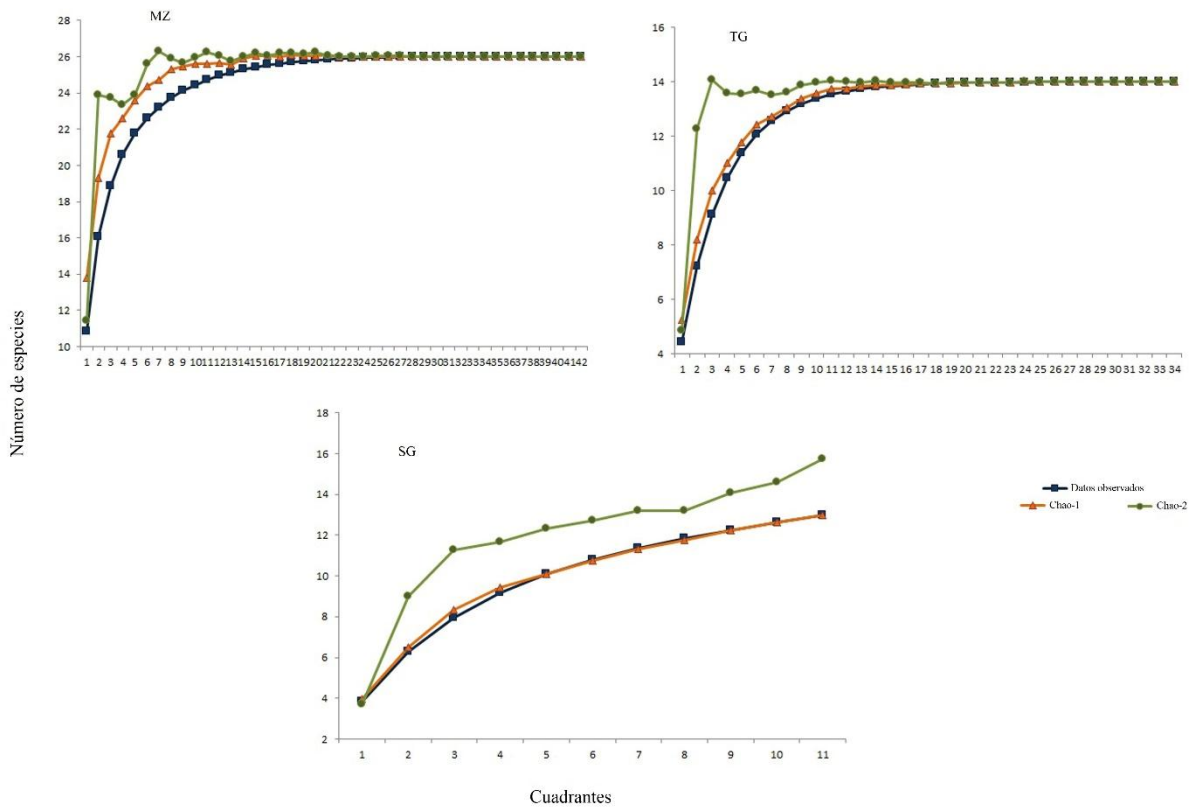


Fig. 3. Riqueza máxima potencial de especies por Chao 1 y 2 para mz, tg y sg.

De acuerdo con el resultado de t-Hutcheson, mz tuvo la mayor diversidad de plantas arvenses (mz-tg: $t_{0.05(2)845.2} = 12.48$, $p < 0.0001$; mz-sg: $t_{0.05(2)139.07} = 9.66$, $p < 0.0001$) y sg el valor más bajo de diversidad (tg-sg: $t_{0.05(2)150.7} = 3.96$, $p < 0.001$). El valor de la dominancia fue bajo en mz y más grande en sg, en contraste el valor de igualdad fue alto en mz y bajo en sg (Tabla 3).

La mayor proporción de riqueza de especies nativas y exóticas se encontró en mz (60.7 %, $S = 17$ y 32.1 %, $S = 9$ respectivamente), mientras que tg and sg tuvieron proporciones similares: 28.5 % ($S = 8$) para nativas, 21.4 % ($S = 6$) para exóticas y 25 % ($S = 7$) y 21.4 % ($S = 6$), respectivamente. Mz tuvo la mayor diversidad de arvenses nativas (mz-tg: $t_{0.05(2)453.9} = 12.87$, $p < 0.0001$; mz-sg: $t_{0.05(2)282.35} = 16.72$, $p < 0.0001$) y sg presentó la menor diversidad (sg-tg: $t_{0.05(2)282.35} = 4.58$, $p < 0.0001$). Con respecto a la diversidad de arvenses exóticas, la comparación encontró a mz como el más diverso (mz-tg: $t_{0.05(2)325.46} = 5.30$, $p < 0.0001$; mz-sg: $t_{0.05(2)32.17} = 3.26$, $p = 0.002$), mientras que tg y sg no tuvieron diferencias significativas en su diversidad. La dominancia de plantas arvenses exóticas fue mayor que en especies nativas, en este caso la igualdad fue muy similar entre cultivos (Tabla 3).

Tabla 3. Dominancia ($1/\lambda$), igualdad (J') y diversidad (H') arvenses en: mz= maíz, tg= trigo, sg= sorgo); N = especies nativas, E = especies exóticas.

	mz	tg	sg	mzN	tgN	sgN	mzE	tgE	sgE
$1/\lambda$	0.067	0.093	0.14	0.10	0.16	0.21	0.15	0.21	0.28
J'	0.90	0.94	0.84	0.88	0.92	0.92	0.88	0.92	0.81
H'	2.94	2.48	2.16	2.51	1.91	1.65	1.94	1.65	1.45

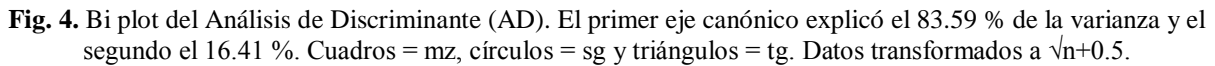
Composición de las poblaciones de plantas arvenses

Se registró un total de 1537 plantas, el 69.1% se encontraron en maíz, 23.3% en trigo y 7.6% en sorgo. Los resultados de Kruskal-Wallis mostraron diferencias significativas en la mediana de plantas obtenidas por cultivo ($\chi^2_{(0.05)2}=26.27$, $p<0.0001$). Maíz tuvo la mayor abundancia de arvenses ($n= 1063$, mediana = 0.90, Desviación Intercuartil = ± 0.03). La prueba de rangos no mostró diferencias entre tg ($n= 356$, 0.36 ± 0.05) y sg ($n= 118$, 0.38 ± 0.10).

La mayor abundancia tanto de nativas como de exóticas fue registrada en mz (72.4% y 61.5% respectivamente); después tg (nativa = 19.2% exótica = 32.1%) y finalmente sg (nativa = 8.2% exótica = 6.2%). El resultado de la comparación mostró una diferencia estadística en cuanto a la abundancia de arvenses nativas ($\chi^2_{(0.05)2}=24.27$, $p<0.0001$), la prueba de rangos sugirió una clara separación de mz y los otros cultivos (30.2 ± 24.0), y no detectó diferencia entre tg y sg (16.7 ± 14.5 y 7.5 ± 5.4 , respectivamente). Tomando en cuenta a las arvenses exóticas, las diferencias fueron constantes en los datos ($\chi^2_{(0.05)2}=7.34$, $p<0.0218$), de nuevo mz tuvo la mayor abundancia (29.6 ± 30.5) y sg la más baja (2.1 ± 4.3).

Las especies no fueron igualmente abundantes entre los cultivos, por ejemplo *P. hysterophorus* ($n=178$, prom.= 4.2 E.E.= ± 0.27), *P. oleracea* ($n= 81$, 1.9 ± 0.17) y *A. hybridus* ($n= 70$, 1.6 ± 0.19) fueron las arvenses nativas más abundantes en mz, mientras que las arvenses exóticas más abundantes en este mismo cultivo fueron: *Lysimachia arvensis* subsp. *arvensis* ($n= 61$, 1.4 ± 0.31), *B. nigra* ($n= 51$, 1.2 ± 0.18) y *Sonchus oleraceus* L. ($n= 51$, 1.2 ± 0.17). En tg las arvenses nativas más abundantes fueron: *T. tubaeformis* ($n= 49$, 1.4 ± 0.41), *P. oleracea* ($n= 40$, 1.1 ± 0.23) y *A. hybridus* ($n= 37$, 1.0 ± 0.24), y las exóticas: *B. nigra* ($n= 51$, 1.5 ± 0.17), *Convolvulus arvensis* L. ($n= 29$, 0.8 ± 0.2) y *Helminthotheca echinoides* L. ($n= 27$, 0.7 ± 0.27). En sg, la arvense nativa *P. hysterophorus* fue la más abundante ($n= 34$, 3.0 ± 0.56), y dos arvenses exóticas: *Rumex crispus* L. ($n= 11$, 1.0 ± 0.61) y *S. oleraceus* ($n= 10$, 0.9 ± 0.38).

El resultado del AD indicó diferencias entre las comunidades de arvenses, con el 83.5% de la varianza explicada el primer eje separó a los tres cultivos. Los centroides para este eje mostraron un valor positivo para mz (2.38) y negativo para tg (-2.74) y sg (-1.41), lo que indica una clara diferencia en la composición de especies de arvenses entre los cultivos. De acuerdo con las variables estandarizadas en las funciones discriminantes, cuatro arvenses fueron importantes en el primer eje canónico, tres de éstas fueron arvenses nativas: *Bidens pilosa* L., *Salvia tiliifolia* Vahl. y *C. arvensis*, así como una arvense exótica: *Taraxacum officinale* F.H. Wigg. El error medio aparente de la ordenación fue de 6.1% (Fig. 4).



A pesar de la proximidad entre cultivos la abundancia, la riqueza y la diversidad de plantas arvenses fue diferente. Esto resalta la importancia de la heterogeneidad que es promovida por factores relacionados con el manejo tales como el tipo de cultivo, rotaciones y labores culturales, entre otros (Roschewitz, Gabriel, Tschardt, & Thies, 2005; Blanco & Leyva, 2010). Estos factores no sólo afectan la presencia y la abundancia de plantas arvenses, sino que también influyen en la composición de las comunidades, la igualdad y la diversidad (Mhlanga *et al.*, 2015). Nowak *et al.* (2015) mencionan que las prácticas agrícolas están íntimamente relacionadas con la composición de especies arvenses. Esto puede ser observado en las curvas de Rango Abundancia y en el resultado del AD, en ambos resultados se muestra una composición distinta de las comunidades de arvenses. Además, el valor de la dominancia fue mayor en sg, intermedio en tg y bajo en mz, lo que se refleja a su vez en los valores de igualdad, en este caso fueron similares entre tg y mz, pero bajo en sg. El valor bajo de la igualdad observada en sg, se asoció con un índice bajo de diversidad.

Sobresale el resultado de la diversidad observada en mz, en este cultivo se encontraron la mayor riqueza, abundancia y diversidad de arvenses en comparación con tg y sg. Incluso los valores de la riqueza de especies de arvenses de mz, comparados con otros reportes, sugieren niveles similares o al menos dentro del rango de la riqueza de especies observada en otros agroecosistemas. Por ejemplo, la riqueza a nivel de parcelas en campos de maíz del Lago de Cuitzeo, Michoacán, osciló entre 16 y 17 especies durante un periodo de muestreo de dos meses: octubre y noviembre (Sánchez-Blanco & Guevara-Féfer, 2013); Silva-Aparicio y otros (2003) reportaron 28 especies de arvenses en campos de maíz de temporal en muestreos realizados de mayo a septiembre. En contraste, en cultivos tradicionales como el sistema milpa (Albino-García, Cervantes, López, Ríos-Casanova & Riva, 2011), monitoreando durante 12 meses encontraron 40 especies de plantas arvenses en un área semi-árida de Tehuacán-Cuicatlán, Puebla y Rivera-Ramírez *et al.* (2021) reportaron 42 especies en muestreos que

ocurrieron de junio a noviembre. Con respecto a estos últimos casos, donde la agricultura tradicional a través de los policultivos y manejos culturales promueve una mayor riqueza de especies, es notable que el uso de herbicidas en la agricultura intensiva, como el objeto del presente estudio, ha ejercido su función deletérea sobre la riqueza de plantas arvenses.

No obstante, se observa un patrón interesante en el valor del índice de diversidad obtenido en el cultivo mz ($H' = 2.94$), pues fue mayor al promedio de los registros de Albino-García, Cervantes, López, Ríos-Casanova & Riva (2011) en 11 campos de maíz en sistema milpa ($H' = 1.4$); lo mismo ocurre cuando se compara el resultado de mz con el trabajo de Rivera-Ramírez *et al.* (2021) llevado a cabo en dos parcelas de sistema milpa y en dos de cultivos de maíz tecnificado, aquí la diversidad promedio de todo el estudio fue de $H' = 2.0$. Para tg también se obtuvo una diversidad mayor ($H' = 2.48$) a la encontrada en otros estudios donde se han manejado distintos tipos de labranza para el control de arvenses en trigo; por ejemplo, Woźniak (2018) encontró diversidades de $H' = 0.81$ a 1.07 , sólo para sg el valor de diversidad fue menor a otros reportes de arvenses en sorgo (Giancotti *et al.*, 2017). Inclusive la diversidad arvense promedio de todo el trabajo presentado aquí ($H' = 2.52$), es mayor a los valores promedio de estudios hechos en otras partes del mundo; Godoy *et al.* (1995) encontraron una diversidad de $H' = 2.46$ en parcelas de maíz intercalado con frijol en un estudio de monitoreo de tres años en el Valle del Yeguaré, Honduras; Légère *et al.* (2005), en un estudio de tres años bajo condiciones experimentales de labranza de un cultivo de Cebada en Quebec, Canadá, encontraron una diversidad de $H' = 2.0$; en China se monitoreó la diversidad de arvenses ($H' = 0.44$) en cultivos sujetos a condiciones distintas de fertilización (Yin, Cai & Zhong, 2006); y en localidades del norte de España en parcelas manejadas orgánicamente la diversidad fue de $H = 2.0$ (Armengot, José-María, Chamorro & Sans, 2013).

La comparación de los resultados de este estudio con aquellos provenientes de sistemas de cultivo con menor uso de insumos agroquímicos hace posible diferir de la idea que el control químico contra plantas arvenses es capaz de disminuir la diversidad vegetal (Légère, Stevenson & Benoit, 2005), de hecho el uso de herbicidas en los cultivos aquí estudiados puede ser poco efectivo para el control de las arvenses, pues la diversidad es alta en comparación con reportes donde se ha evaluado el efecto de los herbicidas sobre la diversidad, Mayerová *et al.* (2018) encontraron valores de diversidad de $H' = 1.61$ - 1.90 , donde se evaluó la eficiencia de diferentes herbicidas selectivos. Todo lo anterior sugiere que no necesariamente los sistemas de cultivo tradicional como las milpas o aquellos manejados con un enfoque orgánico, son capaces de albergar una alta diversidad de plantas arvenses. Entonces, además del manejo como la labranza, la fertilización, el tipo de cultivo y la aplicación de herbicidas, otros factores como los centros de origen de las especies cultivadas y la posición biogeográfica, pueden estar involucrados en la diversidad de la vegetación arvense. Fried *et al.* (2019) encontraron una influencia importante de la estacionalidad y de las variaciones a nivel regional (suelo, pH, entre otros), sobre la determinación de la composición de las comunidades de plantas arvenses.

En los cultivos estudiados la alta proporción de arvenses nativas, su abundancia, riqueza de especies y su diversidad, parecen indicar que aún son un componente importante del ambiente. Es notable en mz la baja cantidad de arvenses exóticas, la baja cantidad de especies muestra que la diversidad local es importante para la producción (Fernández & Marasas, 2015). Además, se ha sugerido que altos niveles de diversidad y de riqueza de especies hacen a los ecosistemas naturales más resilientes contra especies invasoras; esto puede estar ocurriendo en ecosistemas antropizados como las tierras de cultivo, donde han sido reconocidos distintos servicios ofrecidos por la diversidad al agroecosistema (Thrupp, 2000; Storkey & Neve, 2018). La notable proporción de especies nativas en la flora arvense de los cultivos estudiados incrementa la importancia ecológica de este grupo de plantas para los cultivos en principio, a través de la polinización (Hernández-Villa, Vibrans, Uscanga-Mortera & Aguirre-Jaimes, 2020), por lo que los beneficios potenciales que esta diversidad proporciona a la agricultura intensiva pueden ser aún mayores.

La composición de arvenses en los monocultivos fue diferente, esto indica que las especies pueden responder a condiciones microclimáticas modificadas por el manejo de los cultivos. Esta respuesta es importante en las plantas arvenses, porque se ven afectadas a escala local del paisaje y por pequeños cambios espaciales en la heterogeneidad ambiental (Gaba, Chauvel, Dessaint, Bretagnoelle, & Petit, 2010), dichos factores hacen que la composición de comunidades de plantas sea diferente, con la presencia de distintas especies y su abundancia. En este sentido algunas especies fueron específicas a un cultivo en particular, por ejemplo *C. arvensis* y *Calibrachoa parviflora* (Juss.) W.G. D'Arcy tuvieron afinidad en tg y sg respectivamente. *Convolvulus arvensis* es reconocida como una planta competidora con el cultivo de trigo y capaz de modificar su estructura morfológica y reproductiva dependiendo del estrés ambiental (Gianoli, 2004); mientras que *C. parviflora* aunque no hay información sobre su papel como maleza en cultivos, Sierra-Muñoz; Siqueiros-Delgado *et al.* (2015) la describen como una planta de vegetación secundaria y sensible al fuego. Otras especies interesantes fueron *Flaveria trinervata* (Spreng.) C. Mohr reportada en varios tipos de ambientes naturales (González, Giménez de, García & Aguirre-Rivera, 2007); *T. officinale* como bioindicador de alta fertilidad (Carlesi & Bàrberi, 2017) o *Physalis nicandroides* Schltld., como una especie con potencial de ser un cultivo alternativo (Singh *et al.*, 2014), todas estas especies se establecieron en mz.

Aunque las plantas arvenses no son deseables para los productores, hay evidencia sobre la importancia de la biodiversidad de este grupo vegetal y de los beneficios que proporcionan estas plantas a los agroecosistemas (Storkey & Neve, 2018). Fernández *et al.* (2001) encontraron que *P. hysterothorus* es un hospedero recurrente para himenópteros, coleópteros y dípteros, que incluyen polinizadores, depredadores y parasitoides, también se ha encontrado que esta especie puede mejorar las propiedades químicas del suelo al incrementar el contenido de materia orgánica (Etana, Kelbessa, & Soromessa, 2015). *Brassica nigra* es otra arvense interesante pues tiene una influencia notable sobre las preferencias de ovoposición de insectos plaga y sobre la abundancia de parasitoides (Kaasik *et al.*, 2014). Desde el punto de vista cultural, se pueden encontrar otros aspectos positivos de esta arvense en medicina, nutrición y forraje. En África, *A. hybridus* está siendo considerada un cultivo prometedor debido a su resistencia a la sequía, a las plagas y a las enfermedades y sobre todo por su gran valor nutricional y de forraje (Achigan-Dako, Sogbohossou & Maundu, 2014).

A pesar del uso de herbicidas mz es un cultivo interesante porque promueve la presencia de muchas especies de plantas arvenses, incrementando así su biodiversidad y permitiendo a su vez el mantenimiento de interacciones ecológicas muchas de ellas importantes para la producción. Considerando que las plantas arvenses también tienen una importancia ecológica, económica y cultural, la diversidad de estas plantas en cultivos de maíz puede tener implicaciones no solamente ecológicas, sino también culturales, por lo que los estudios sobre manejo, control y funcionalidad ecológica de plantas arvenses deben propiciarse a través aproximaciones transdisciplinarias como la agroecología a que den información completa a los gestores de manejo y planes de desarrollo rural.

CONCLUSIONES

Los cultivos estudiados poseen una riqueza de 28 plantas arvenses con una diversidad de $H' = 2.94$ para mz y $H' = 2.52$ promedio general de todo el estudio, que puede ser considerada alta cuando se compara con valores encontrados en otros estudios en agroecosistemas en diferentes partes del mundo. La alta proporción de especies nativas (60.7%) con respecto a las exóticas sugiere que la diversidad arvense aún es un elemento importante asociado a la producción agrícola de la zona a pesar del control con herbicidas al que han estado sujetas las plantas arvenses. Dado que muchas de estas plantas representan recursos naturales que ofrecen beneficios a los agroecosistemas y que su abundancia y diversidad responde a múltiples factores, su estudio debe fundamentarse en una visión que integre distintas disciplinas

científicas en un marco de desarrollo agroecológico, que permitan perspectivas multi y transdisciplinarias, que ayuden a disminuir la dependencia en el uso de herbicidas en sistemas de agricultura intensiva como la del Bajío Guanajuatense.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Guanajuato, por el apoyo brindado para la realización de la investigación y a la Biól. Alicia Saucedo Barajas por su apoyo en campo.

LITERATURA CITADA

- Achigan-Dako, E. G., Sogbohossou, O. D., & Maundu, P. (2014). Current knowledge on *Amaranthus* spp.: research avenues for improved nutritional value and yield in leafy amaranthus in sub-Saharan Africa. *Euphytica*, 197, 303-317. doi:<https://doi.org/10.1007/s10681-019-2468-4>.
- Albino-García, C., Cervantes, H., López, M., Ríos-Casanova, L., & Riva, R. (2011). Patrones de diversidad y aspectos etnobotánicos de las plantas arvenses del valle de Tehuacán-Cuicatlán: el caso de san Rafael, municipio de Coxcatlán, Puebla. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82, 1005-1019.
- Armengot, L., José-María, L., Chamorro, L., & Sans, F. X. (2013). Weed harrowing in organically grown cereal crops avoids yield losses without reducing weed diversity. *Agronomy for Sustainable Development*, 33, 405-411. doi:DOI 10.1007/s13593-012-0107-8.
- Bengtsson, J., Ahnström, J., & Weibull, A. (2005). The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*, 42, 261-269. doi:10.1111/j.1365-2664.2005.01005.x
- Blancas, J., Casas, A., Pérez-Salicrup, D., Caballero, J., & Vega, E. (2013). Ecological and socio-cultural factors influencing plant management in Nahuatl communities of the Tehuacán valley, Mexico. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 9, 39. doi:10.1186/1746-4269-9-39.
- Blanco, Y., & Leyva, Á. (2010). Abundancia y diversidad de especies de arvenses en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) precedido de un barbecho transitorio después de la papa (*Solanum tuberosum* L.). *Cultivos Tropicales*, 12-16.
- Calderón de Rzedowski, G. & Rzedowski, J. (2004). Manual de malezas de la región de Salvatierra, Guanajuato. *Flora del bajío y de regiones adyacentes*, 1-320.
- Calderón de Rzedowski, G., & Rzedowski, J. (2005). *Flora del valle de México*. Pátzcuaro, Michoacán, México: Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Carlesi, S., & Bàrberi, P. (16 de 01 de 2017). *www.fertilcrop.net*. Recuperado el 16 de 01 de 2019, de *www.fertilcrop.net*: <https://orgprints.org/id/eprint/31696/1/Carlesi-Barberi-2017-bioindicators-TechnicalNote-FertilCrop.pdf>.
- Colwell, R. (15 de Octubre de 2004). *EstimateS: statistical estimation of species richness and shared species for samples, Version 7*. Obtenido de <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>.
- Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., González, L., Tablada, M., & Robledo, C. (2011). *InfoStat versión 2011*. Argentina: Grupo InfoStat, FCA.
- Espinosa, G., & Sarukhán, J. (1997). *Manual de malezas del valle de México*. México: Fondo de cultural Económica.
- Etana, A., Kelbessa, E., & Soromessa, T. (2015). Impact of *Parthenium hysterophorus* L. (Asteraceae) on soil chemical properties and its distribution in a reserve area: a case study in Awash National Park (ANP), Ethiopia. *Journal of Soil Science and Environmental Management*, 6(5), 116-124. doi:<https://doi.org/DOI 10.5897/JSSEM12.015>.

- Fernández, T. J., Garcés, G. G., Portuondo, F. E., Valdés, T. P., & Expósito, E. I. (2001). Insectos asociados con flores de malezas del Jardín Botánico de Santiago de Cuba, con énfasis en Hymenoptera. *Revista de Biología Tropical*, 49(3-4), 1013-1026.
- Fernández, V., & Marasas, M. (2015). Análisis comparativo del componente vegetal de la biodiversidad en sistemas de producción hortícola familias del Cordón Hortícola de la Plata (CHLP), Provincia de Buenos Aires, Argentina. Su importancia para la transición agroecológica. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata*, 14(3), 15-29.
- Fried, G., Cordeau, S., Metay, A., & Kazakou, E. (2019). Relative importance of environmental factors and farming practices in shaping weed communities structure and composition in French vineyards. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 275, 1-13. doi:<https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.01.006>.
- Gaba, S., Chauvel, B., Dessaint, F., Bretagnoelle, V., & Petit, S. (2010). Weed species richness in winter wheat increases with landscape heterogeneity. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 138, 318-323. doi:<https://doi.org/10.1016/j.agee.2010.06.005>.
- García, E. (2004). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Giancotti, P. F., Moro, M. S., Nepomuceno, M. P., Martins, P. R., Barroso, A. A., & Alves, P. L. (2017). Weed community interference and phytosociological studies in a sweet sorghum crop. *Planta Daninha*(35), e017154150. doi:DOI 10.1590/S0100-83582017350100051.
- Gianoli, E. (2004). Plasticity of traits and correlations in two populations of *Convolvulus arvensis* (Convolvulaceae) differing in environmental heterogeneity. *International Journal of Plant Sciences*, 165 (5), 825-832. doi:<https://doi.org/10.1086/422050>.
- Godoy, G., Vega, J., & Pitty, A. (1995). El tipo de labranza afecta la flora y la distribución vertical del banco de semillas de malezas. *Ceiba*, 36 (2), 217-229.
- González, C. O., Giménez de, A. J., García, P. J., & Aguirre-Rivera, J. r. (2007). Flórula vascular de la Sierra de Catorce y territorios adyacentes, San Luis Potosí, México. *Acta Botánica Mexicana*, 78, 1-38.
- Hammer, O., Harper, D., & Ryan, P. (11 de febrero de 2001). *PAST: Paleontological Statistic Software Package for Education and Data Analysis*. *Palaeontologia Electronica* 4 (1). Obtenido de http://palaeo-electronica.org/2001_1/pas/issue1_01.htm.
- Hernández-Villa, V., Vibrans, H., Uscanga-Mortera, E., & Aguirre-Jaimes, A. (2020). Floral visitors and pollinator dependence are related to floral display size and plant height in native weeds of central Mexico. *Flora*, 262, 151505. doi:<https://doi.org/10.1016/j.flora.2019.151505>.
- INEGI. (Noviembre de 2011). http://www.antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/SIATL/#.
- Jiménez-Valverde, A., & Hortal, J. (2003). Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología*, 8(31), 151-161.
- Kaasik, R., Kovács, G., Kaart, T., Metspalu, L., Williams, I. H., & Veromann, E. (2014). *Meligethes aeneus* oviposition preferences, larval parasitism rate and species composition of parasitoids on *Brassica nigra*, *Raphanus sativus* and *Eruca sativa* compared with on *Brassica napus*. *Biological Control*, 69, 65-71. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2013.11.002>.
- Légère, A., Stevenson, F. C., & Benoit, D. L. (2005). Diversity and assembly of weed communities: contrasting responses across cropping systems. *Weed Research*, 45, 303-315. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2005.00459.x>.
- Letourneau, D., Armbrrecht, I., Salguero, R., Montoya, L., Jiménez, C., Daza, M., Reyes, T. (2011). Does plant diversity benefit agroecosystems? A synthetic review. *Ecological Application*, 9-21.
- López-Gómez, A., & Williams-Linera, G. (2006). Evaluación de métodos no paramétricos para la estimación de riqueza de especies de plantas leñosas en cafetales. *Boletín de la sociedad Botánica de México*, 78, 7-15. doi:10.17129/botsoci.1717.

- Loss, J. D. (2014). Plant diversity in a changing agricultural landscape mosaic in Southern Transylvania (Romania). *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 350-357. doi:10.1016/j.agee.2014.10.013.
- Ludwig, J., & Reynolds, J. (1988). *Statistical ecology: A primer on methods and computing*. New Jersey: Wiley and Sons, Hoboken.
- Martínez-De la Cruz, I., Vibrans, H., Lozada-Pérez, L., Romero-Manzanares, A., Aguilera-Gómez, L., & Rivas-Manzano, I. (2015). Plantas ruderales del área urbana de Malinalco, Estado de México, México. *Botanical Sciences*, 93(4), 907-929. doi:10.17129/botsci.213.
- Mayerová, M., Mikulka, J., & Soukup, J. (2018). Effects of selective herbicide treatment on weed community in cereal crop rotation. *Plant, Soil and Environment*, 64(9), 413-420. doi:https://doi.org/10.17221/289/2018-PSE.
- McAleece, N. (1997). *Biodiversity Professional beta. Versión 2.0*. The Natural History Museum and The Scottish Association for Marine Science.
- Mhlanga, B., Cheesman, S., Maasdorp, B., Muoni, T., Mabasa, S., Mangosho, E., & Thierfelder, C. (2015). Weed community responses to rotations with cover crops in maize-based conservation agriculture systems of Zimbabwe. *Crop Protection*, 69, 1-8. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2014.11.010.
- Munro, N., Fisher, J., Wood, J., & Lindenmayer, D. (2009). Revegetation in agricultural areas the development of structural complexity and floristic diversity. *Ecological Applications*, 19(5), 1197-1210. doi:10.1890/08-0939.1.
- Nowak, A., Nowak, S., Nobis, M., & Nobis, A. (2015). Crop type and altitude are the main drivers of species composition of arable weed vegetation in Tajikistan. *Weed Research*, 55, 525-536. doi: https://doi.org/10.1111/wre.12165.
- Pérez-Ortega, M., Navarro-Garza, H., Flores-Sánchez, D., Ortega-García, N., & Tristán-Martínez, E. (2017). Plaguicidas altamente peligrosos utilizados en el Bajío de Guanajuato. En G. Benjarano, *Los plaguicidas altamente peligrosos en México. Red de Acción sobre Plaguicidas y Alternativas en México, A.C. (RAPAM)* (págs. 221-245). Texcoco, México.
- Perfecto, I., Mas, A., Dietsch, T., & Vandermeer, J. (2003). Conservation of biodiversity in coffee agroecosystems: a tri-taxa comparison in southern Mexico. *Biodiversity Conservation*, 12, 1239-1253.
- Rivera-Ramírez, I., Ríos-De la Cruz, A., Bravo-Avilé, D., Bernal-Ramírez, L. A., Velázquez-Cárdenas, Y., de Santiago-Gómez, J. R., Rendón-Aguilar, B. (2021). Riqueza, abundancia y composición de arvenses en parcelas sujetas a diferentes prácticas agrícolas en la Alcaldía de Cuajimalpa, Ciudad de México. *Revista Etnobiología*, 19(1), 129-155.
- Roschewitz, I., Gabriel, D., Tscharntke, T., & Thies, C. (2005). The effects of landscape complexity on arable weed species diversity in organic and conventional farming. *Journal of Applied Ecology*, 42, 873-882. doi:https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2005.01072.x.
- Sánchez-Blanco, J., & Guevara-Féfer, F. (2013). Plantas arvenses asociadas a cultivos de maíz de temporal en suelos salinos de la ribera del lago de Cuitzeo, Michoacán, México. *Acta Botánica Mexicana*, 105, 107-129.
- Sans, F. (2007). La diversidad de los agroecosistemas. *Ecosistemas*, 44-49.
- Sierra-Muñoz, J. C., Siqueiros-Delgado, M. E., Flores-Ancira, E., Moreno-Rico, O., & Arredondo-Figueroa, J. L. (2015). Riqueza y distribución de la Familia Solanaceae en el Estado de Aguascalientes, México. *Botanical Sciences*, 93(1), 97-117. doi:https://doi.org/10.17129/botsci.63.
- Silva-Aparicio, M., Castro-Ramírez, A. E., León-Cortés, J. L., & Ishiki-Ishihara, M. (2003). Entomofauna asociada a maíz de temporal con diferentes manejos de malezas en Chiapas, México. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)*(70), 65-73.

Recibido:
19/julio/2021

Aceptado:
12/enero/2022

- Singh, D., Ahmed, N., Lal, S., Mirza, A., Sharma, O., & Pal, A. (2014). Variation in growth, production and quality attributes of *Physalis* species under temperate ecosystem. *Fruit*, 69(1), 31-40. doi:doi:10.1051/fruits/2013099.
- Smale, M., Bellon, M., & Aguirre, G. (2001). Maize, diversity, variety attributes and farmers choices in Southeastern Guanajuato, Mexico. *Economic Development and cultural change*, 50(1), 201-205. doi:10.1086/340010.
- Storkey, J., & Neve, P. (2018). What good is weed diversity? *Weed Research*, 58, 239-243. doi:https://doi.org/10.1111/wre.12310.
- Thrupp, L. A. (2000). Linking agricultural biodiversity and food security: the valuable role of sustainable agriculture. *International Affairs*, 76(2), 265-281.
- Woźniak, A. (2018). Effect of tillage system on the structure of weed infestation of winter wheat. *Spanish journal of agricultural research*, 16(4), 14. doi:https://doi.org/10.5424/sjar/2018164-12531.
- Yin, L., Cai, Z., & Zhong, W. (2006). Changes in weed community diversity of maize crops due to long-term fertilization. *Crop Protection*, 25, 910-914. doi:https://doi.org/10.1016/j.cropro.2005.11.013.
- Zar, J. (1999). *Biostatistical analysis*. New Jersey: Prentice Hall.