



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

UNIDAD XOCHIMILCO

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

DEPARTAMENTO DEL HOMBRE Y SU AMBIENTE

LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

PROTOCOLO DEL SERVICIO SOCIAL
POR INVESTIGACIÓN

**Evaluación del efecto de extractos de *Tagetes erecta* sobre
Fusarium verticillioides del maíz**

QUE PRESENTA LA ALUMNA:

Patricia María Torres Martínez

2172034312

Asesor interno:
Dr. Juan Ramírez Zamora
Depto. de Producción Agrícola y Animal
Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad
Xochimilco
No. Eco: 38245

Asesor externo:
M. en C. Hilda Elizabeth Flores Moctezuma
Depto. De Interacciones Planta Insecto
Centro de Desarrollo de Productos Bióticos del
Instituto Politécnico Nacional
Ced. Prof. 4770988

Ciudad de México

30 de mayo de 2025

Agradecimientos

A Dios por permitirme llegar hasta aquí, acompañarme en mi camino y brindarme las fuerzas, sabiduría y amor para preservar.

A la Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco por la formación académica y la consciencia sociocultural que me brindó.

Al Instituto Politécnico Nacional por abrirme nuevamente sus puertas y con ello la oportunidad de continuar con mi camino profesional.

A la Mtra. Elizabeth Flores por permitirme ser parte de su equipo de trabajo; el conocimiento, tiempo invertido y la amistad que me proporcionó para hacer mejor este trabajo.

Al Dr. Rafael Díaz por abrirme las puertas de su laboratorio, la paciencia y disposición para enseñarme.

Al Dr. Joel Castañeda por las asesorías, observaciones dadas y motivación al compartir sus experiencias en el camino de la ciencia.

A mis compañeros de CeProBi: Sarita, Pablo, Angy, Margarito, Don Oscar, Hildary, Karlita por su compañía, amistad, palabras de aliento y el apoyo durante el proceso.

Dedicatoria

A mi hijo Ikal Yupanqui el regalo más grande que Dios me dio en la vida, gracias por mostrarme la importancia de la paciencia, que este trabajo sea un granito de arena para hacer del mundo, un espacio mejor para tu futuro.

A mi compañero de vida y cómplice Fabián Valente por escucharme, sostenerme y caminar a mi lado, gracias por las risas, aprendizajes y tu amor.

A mis padres: Brigida Patricia Martinez C. y Servio Carlos Torres E. por ser mis mas grandes maestros y brindarme las lecciones de vida que me formaron como mujer y como persona. Gracias por su amor, educación y empeño que pusieron para que mi futuro sea próspero, estaré eternamente agradecida.

A mis hermanos Román y Josué por las risas y las lecciones compartidas.

A mi amiga Lorena Xospa, por ser un pilar de amistad y crecimiento durante la universidad, gracias por las experiencias y viajes inolvidables y por nuestras charlas eternas sobre ciencia y amor a la biología.

A mi madrina Carmen y prima hermana Saby que a pesar de la distancia siempre estarán en mi corazón.

A Fer, Richi y Midory por ser parte de la familia, gracias por sus ocurrencias y calidez.

A mis suegros, Valente y Pilar, por abrirme las puertas de su hogar y por su apoyo para mi y mi familia.

A mi familia de rezo y hermanas de cantos, gracias a la vida que me regaló su compañía.

Gracias, Gracias, Gracias.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	5
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN	7
OBJETIVO GENERAL	8
OBJETIVOS ESPECIFICOS	8
ANTECEDENTES	8
MATERIALES Y MÉTODOS	10
1. Obtención de los extractos	10
2. Fitoquímica	11
3. Colecta de muestras de maíz	11
4. Aislamiento y purificación de cepas fúngicas	11
5. Cultivos monospóricos	12
6. Preservación de cepas	12
7. Identificación morfológica y molecular	12
8. Efecto <i>in vitro</i> de compuestos botánicos y químicos sobre el hongo fitopatógeno	13
9. Obtención del CI50 y la CI95	13
10. Análisis estadístico	14
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15
1. Identificación morfológica y molecular	15
2. Efecto <i>in vitro</i> de compuestos botánicos y químicos sobre el hongo fitopatógeno	16
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21

INTRODUCCIÓN

Actualmente los ecosistemas agrícolas convencionales se ejecutan con el propósito de obtener el mayor nivel de rendimiento económico (Bejarano, 2017; Gutierrez & Barrientos, 2021). Éste enfoque reduccionista y desmedido, ha provocado disarmonía en el ambiente, activando mecanismos de autorregulación del ecosistema conocidas como plagas (Bejarano, 2017; Funezalida & Placencia, 2021).

En México hay alrededor de 200 plaguicidas químicos catalogados como altamente peligrosos y prohibidos en muchos países porque son potencialmente cancerígenos, disruptores hormonales y en altas concentraciones pueden provocar la muerte; también por provocar un desequilibrio ambiental, por ejemplo, inducen la resistencia y virulencia de las plagas y el surgimiento de especies dañinas secundarias u ocasionales (Gutierrez & Barrientos, 2021; UPL Argentina 2022; OMS 2022; Yin *et al.*, 2023). De todos los agentes reguladores, los hongos fitopatógenos son la principal fuente de infección de los cultivos, destacando el género *Fusarium* que tiene una distribución mundial y afecta a una extensa variedad de cultivos, además, se considera endémico de zonas maiceras de todo el mundo, la mayoría son especies saprófitas y se encuentran naturalmente en el suelo (Mendoza, 2003; Summerell *et al.*, 2003; Hernández-Delgado *et al.*, 2007; Figueroa-Rivera *et al.*, 2010; Camacho, 2012).

La especie *Fusarium verticillioides* se considera el patógeno primario del *Zea mays* (maíz) del mundo, pero predomina en climas cálido y seco, clima característico de la región de La Nopalera, Yautepéc en el Estado de Morelos, México (Wit, 2011; Gesteiro, 2018; COESPO, 2022).

La relación entre *F. verticillioides* y *Z. mayz* es compleja por la naturaleza hemibiotrófica del hongo: en fases tempranas es biotrofo, las plantas no presentan daños visibles, sin embargo, si las condiciones climáticas y de manejo agrícola son favorables puede provocar la pudrición en raíz, tallo, mazorca y la contaminación del grano por micotoxinas. Cuando la planta muere, el hongo sobrevive como saprófito en el rastrojo (De la Torre-Hernández *et al.*, 2014; Gesteiro, 2018).

Los síntomas típicos observables en el grano de *Z. mays* es un patrón de rayas blancas en forma de estrella en el pericarpio; si la infección es severa, presenta fusariosis rosa que coloniza los granos del ápice y se extiende por toda la mazorca provocando la podredumbre de ésta y la contaminación del grano con fumonisinas que son micotoxinas altamente tóxicas para seres humanos y animales; las micotoxinas se ven favorecidas por el uso excesivo de productos químicos (Bejarano, 2017; Gesteiro, 2018; Ann, 2021).

Una alternativa que promueve el desarrollo sustentable en la agricultura mitigando la contaminación ambiental, son los bioplaguicidas, derivados de materiales naturales (Montes-Belmont & Prados-Ligero, 2006; Flores-Moctezuma *et al.*, 2006; Leng *et al.*, 2011; Nava-Pérez *et al.*, 2012; Gutierrez & Barrientos, 2021).

El género *Tagetes*, tiene múltiples estudios acerca de su actividad bioplaguicida (Gómez-Rodríguez *et al.*, 2007; Bajaras-Pérez *et al.*, 2011; Castolo-Calderon *et al.*, 2018; Moncada *et al.*, 2019; Pizzolitto *et al.* 2020). En particular, *Tagetes erecta* L., conocida como cempasúchil y perteneciente a la familia Asteraceae con centro de diversidad en México, presenta inflorescencia de tonos naranjas, amarillos y rojos (Rincón-Enríquez *et al.*, 2012) se le atribuye diversas actividades como bactericida (Camacho-Campos *et al.*, 2019) fungicida (Barajas-Pérez *et al.*, 2011; Gesteiro, 2018; Pizzolitto *et al.* 2020) nematocida (Moncada *et al.*, 2019) e insecticida (Nikkon Farzana *et al.*, 2011; Toribio-Hernández & Grande-Romero, 2020).

Los principios activos se encuentran en la planta entera por la presencia de metabolitos secundarios como tiofenos, fenoles, flavonoides y cumarinas; sin embargo, su efectividad está ligada a diversos factores ambientales (Martínez-Jimenez, 2002; Barajas-Pérez *et al.*, 2011; Nava-Pérez *et al.*, 2012; Camacho-Campos *et al.*, 2019). Considerando que más de 50% de las especies de *Tagetes* se distribuyen en México (Serrato-Cruz, 2014), en la presente investigación se busca ampliar la perspectiva de las propiedades antagonistas de los metabolitos secundarios de tallos, hojas e inflorescencia de *T. erecta* cultivada de manera natural en el campo experimental de CeProBi y así evaluar su efectividad fungicida en *F. verticillioides*.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

En México no hay reportes sobre el manejo de *Fusarium* en maíz cultivado en un sistema de producción orgánica el cual se caracteriza por no usar plaguicidas ni fertilizantes artificiales u organismos genéticamente modificados (OGMs) (BIO-LATINA, 2010).

El maíz es el cereal con mayor producción a nivel mundial por su consumo directo y el extenso rango de alternativas en procesos industriales; en México, representa una larga tradición cultural, social y económica, en pocas palabras es la base de nuestra alimentación y actualmente es sembrado en más de una tercera parte de la tierra agrícola nacional y en más del 60% de la tierra de temporal. No obstante, la agrobiodiversidad y producción del maíz está en peligro por el manejo agroquímico, las variantes OGM y el cambio climático (Kato *et al.*, 2009; CONABIO, 2011; UNAM, 2023). De acuerdo con Da Silva *et al.* (2022) el uso continuo y excesivo de productos químicos como los fungicidas favorecen la producción de las micotoxinas, sustancias tóxicas que producen algunos hongos como *F. verticillioides*, aumentando su nivel de virulencia y suscitando un desequilibrio de la resistencia gen por gen, es decir, de la coevolución entre la especie del hongo y la planta (De la Torre-Hernández *et al.*, 2014; López-Binnqüist, 2019).

Investigaciones reflejan diversas actividades biológicas de extractos de *Tagetes erecta* para el control de enfermedades fungosas (Barajas-Pérez, 2011). Sin embargo, el perfil fitoquímico de las plantas varía por los numerosos factores ambientales por lo que es de suma importancia tener registros a nivel localidad (Salehi *et al.*, 2018).

Bajo la hipótesis de que la presencia de fitoquímicos en hojas, tallos e inflorescencia de *T. erecta* varía en relación a la localidad de recolecta, el trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto *in vitro* de diferentes extractos con polaridad ascendente sobre *F. verticillioides* así como el porcentaje de inhibición por medio de la técnica de medio envenenado, con medio PDA.

OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la actividad de extractos de la planta *Tagetes erecta* sobre *Fusarium verticillioides* aislado de un sistema de producción orgánica.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Elaborar extracto hexánico, acetónico y metenólico de *T. erecta*.
2. Calcular la CI_{50} y la CI_{95} de los extractos de *T. erecta* sobre *Fusarium spp.*
3. Caracterizar morfológica y molecularmente las cepas de *Fusarium* aisladas de maíz.

ANTECEDENTES

Actualmente no existe un consenso entre autores para clasificar un extracto vegetal como antifúngico promisorio ni tampoco una homogeneidad en las concentraciones a utilizar, en adición a la problemática en el caso de *T. erecta* se obtienen resultados de su actividad antifúngica pero no se realizan las pruebas necesarias para conocer la composición química.

En este contexto, Sánchez *et al.*, (2017) en su trabajo “Efecto fungicida del extracto acuoso de *Tagetes erecta* sobre el crecimiento micelial de *Fusarium sp.*” realizado en la localidad de Trujillo, La Libertad, Perú; comprobaron que al aumentar las dosis de 5% y 10% del extracto se obtuvo un efecto fungicida en el crecimiento del hongo aislado de una papaya en postcosecha de un mercado de la localidad.

Estos resultados coinciden con Jabar *et al.*, (2020) en su trabajo “Antifungal activity of *Tagetes erecta* extract and *Trichoderma harzianum* on the pathogenic fungus *Fusarium verticilloides*” en Iraq, donde prepararon un extracto metanólico con la parte aérea de la planta y se obtuvo un porcentaje de inhibición del 20.93% y 65.65% el cual iba en aumento con el incremento de la concentración y el periodo de

tratamiento. Los autores infieren que el efecto puede deberse a la presencia de los tiofenos, los cuales son compuestos activos antifúngicos, sin embargo, no se realizaron pruebas fitoquímicas correspondientes para comprobarlo. En este sentido, Mares *et al.*, (2002) en su trabajo “Actividad antifúngica de extractos de *Tagetes patula*” en Italia, menciona que los tiofenos son compuestos de interés como marcadores quimiotaxonómicos en diversas especies de la familia Asteraceae, lo cual se ve reflejado en su trabajo donde obtuvo extractos metanólicos de 10 cultivares de *T. pátula* y se analizaron en dos hongos fitopatógenos: *Botrytis cinerea* y *Fusarium moniliforme* bajo condiciones de luz-oscuridad. Los resultados fueron satisfactorios para la inhibición de *B. cinerea*, sin embargo, en el caso de *F. moniliforme* se obtuvo una resistencia al tratamiento; en conclusión, los autores afirman que *Tagetes patula* es una posible fuente de sustancias antifúngicas y que la actividad de tiofeno, en general, aumenta fuertemente por la irradiación UV-A.

Por otro lado, se ha demostrado que el rendimiento y composición de los metabolitos secundarios de las plantas aún sean del mismo género y especie varían con las condiciones medioambientales, por ejemplo, Barajas *et al.*, (2011) en su investigación “Propiedades antifúngicas en especies del género *Tagetes*” evaluaron la actividad antifúngica de los extractos acuosos (EA) al 2% y aceites esenciales (AE) al 0.1% de cinco especies, entre ellas *Tagetes erecta*, aplicados en los hongos *Sclerotium rolfii* y *Monilinia fruticola*, los cuales, al igual que *F. verticillioides* tienen gran impacto en la agricultura y se encuentran como inóculos inactivos en el suelo. Se observó que *Tagetes lucida* procedente de Ocuilco, Morelos (clima cálido subhúmedo) fue la especie que presentó un mejor rendimiento y una actividad fungicida mayor en comparación con *T. filifolia* cultivada en Ozumba y de *T. erecta*, *T. foetidissima*, *T. coronopifolia* provenientes de Texcoco, las cuales tienen un clima templado subhúmedo, incluso algunas de ellas tuvieron un efecto estimulante: *T. erecta* incrementó la producción de esclerocios en un 30% de los tratamientos, mientras que el crecimiento y esporulación de *M. fruticola* se elevó un 225.8% y 150.9% con *T. coronopifolia* y *T. filifolia* respectivamente.

Desde esta perspectiva, Zarate-Escobedo *et al.*,(2018) en su trabajo “Aceite esencial de algunas poblaciones de *Tagetes lucida* Cav. de las regiones norte y sur del Estado de México” realizaron la recolección de 14 poblaciones de *T. lucida*: 3 del norte: clima templado con elevación de 2520 a 2660 msnm y 11 poblaciones del sur: clima semicálido situadas a 1493 a 2208 msnm para obtener el aceite de tallos florales por medio de hidrodestilación y posteriormente un análisis por cromatografía de gases y espectrometría de masas (CG/EM). Se identificaron 44 compuestos químicos, los más comunes en todas las poblaciones fueron β -mirceno, β -ocimeno y linalool; sin embargo, en poblaciones del norte los compuestos mayoritarios fueron fenilpropanos: anetol, estragol y metil eugenol; mientras que para las poblaciones del sur fueron los monoterpenos: acetato de geranilo y β -ocimeno.

Un dato relevante es que el acetato de geranilo se reportó por primera vez para el género *Tagetes* que de acuerdo con los autores tiene propiedades antibacterianas, antifúngicas y citotóxicas.

En este sentido, la especie *T. erecta* conocida como cempasúchil es un recurso natural mexicano cuya fitoquímica tiene propiedades antifúngicas, aunque no en todos los hongos fitopatógenos se ha explorado el efecto que puede ocasionar esta sustancia vegetal.

MATERIALES Y MÉTODOS

1. Obtención de los extractos

El material vegetal de *T. erecta* fue sembrado en julio de 2024 en el campo experimental de CEPROBI, las semillas fueron proporcionadas por la M. en C. Hilda Elizabet Flores Moctezuma provenientes de Xochimilco. La colecta de la parte aérea de la planta: tallo, hojas e inflorescencia, se realizó en en etapa fenológica de floración durante la última semana de octubre y la primera de noviembre, en un horario de 8-10 am. La identificación taxonómica se realizó en campo de acuerdo a la Guía para conocer el germoplasma Mexicano de Cempoalxóchitl de Serrato-Cruz

(2014). Se dejaron secar durante 21 días en un lugar fresco y oscuro; posteriormente se trituraron hasta la obtención del polvo vegetal.

2. Fitoquímica

Una vez obtenido el polvo de cempasúchil se llevó a cabo la maceración que consiste en agregar 300 g. del material vegetal en 800 ml. del disolvente en un matraz de vidrio de 1 litro de capacidad, por tres días, después se filtró y evaporó con un rotavapor a presión reducida y el material vegetal se colocó de nuevo en el recipiente de vidrio con hexano durante tres días. El procedimiento se realizó por triplicado con cada disolvente en el siguiente orden: hexano, acetona y metanol.

Se utilizó cromatografía de capa fina (CCF) para determinar la familia de metabolitos secundarios presentes, las cuales se revelarán con 2-aminoetilidifenil borinato (NP-PEG: revelador de flavonoides) y Sulfato cérico amoniacal (revelador universal) se observarán en una lámpara compacta de luz UV 95-0021-12 (115v) Uvp Uvgl-25 254/365 nm (Wagner & Bladt, 1996)

3. Colecta de muestras de maíz

El material biológico se colectó en el campo de la localidad “La Nopalera”, (18°48'48.8" N y 99°03'02.1" O y 1 123 msnm), perteneciente al municipio de Yautepec, de clima cálido subhúmedo (COESPO, 2022); en una parcela con sistema de producción Orgánico donde no se utilizan ningún tipo de químicos.

Las mazorcas se seleccionaron observando los daños del picudo del maíz con signos de un hongo con características de estrella y de coloración rosada a café polvoriento.

4. Aislamiento y purificación de cepas fúngicas

Se procedió al aislamiento de cepas de *Fusarium* spp. de las mazorcas. Para ello, se seleccionaron 5 granos de maíz que presentaron manchas en la cubierta externa, se lavaron con hipoclorito de sodio al 1 % por un minuto y tres lavados de

agua destilada estéril, se colocaron en papel filtro estéril para quitar el exceso de agua y para hacer la siembra de cada grano directamente en cajas Petri de 9cm de diámetro con medio de cultivo de agar papa dextrosa (PDA; BIOXON), adicionado con cloranfenicol (15 µg/ml) y lactofenol (5 µl/ml) para acidificar el medio y evitar crecimiento bacteriano (Barajas-Pérez *et al.*, 2011).

Las cajas se incubaron a 25°C en total oscuridad. Cuando los hongos comiencen a colonizar el medio, aproximadamente 2 días después y con el fin de obtener cultivos puros, se resembraron en PDA fresco con ayuda de un sacabocado (obteniendo así solo puntas de hifas) solo aquellos que presenten características propias del género *Fusarium* (Quilambaqui, 2005)

5. Cultivos monospóricos

A partir de cultivos puros de *Fusarium* spp., se generaron cepas monospóricas, por el método de diluciones seriadas (0,-1,-2,-3,-4) propuesto por Sanz Cervera (2011) donde se distribuyen sobre una caja Petri de 9cm de diámetro que contiene medio de cultivo PDA, se incubaron a 25± 2°C durante 24 h en oscuridad. Transcurrido este tiempo, se utilizó un sacabocado para recuperar una sola espora germinada y se transfirió a medio PDA fresco el cual se dejó incubando 25± 2°C durante 24 h en oscuridad, para evaluar y seleccionar el cultivo puro con el grado más alto de virulencia.

6. Preservación de cepas

Se utilizó la técnica de conservación bajo capa de aceite mineral como se describe en el Manual para la conservación y mantenimiento de hongos entomopatógenos por Montesinos *et al* (2015).

7. Identificación morfológica y molecular

Para identificar las cepas del género *Fusarium* a nivel de especie, se hizo un análisis comparativo basándose en el Manual de Laboratorio de *Fusarium* escrito por Leslie

et al (2006). Las características morfológicas evaluadas fueron: morfología, pigmentación, producción de esporodoquios y esclerocios.

Para el análisis molecular, se envió una muestra de la colonia pura al Centro de Ciencias Genómicas de la UNAM para la extracción del ADN ribosomal, amplificación, secuenciación y alineación con las bases de datos del banco de genes del Centro Nacional para la Información Biotecnológica (NCBI) por parte del Dr. Rafael Díaz.

8. Efecto in vitro de compuestos botánicos y químicos sobre el hongo fitopatógeno

Para evaluar el efecto inhibitorio se realizó la técnica de medio envenenado (Jaramillo *et al.*, 2017) donde se evaluaron en cajas Petri de 25 mL de PDA: tres compuestos con polaridad ascendente (hexánico, acetónico y metanólico) de *T. erecta* con un stock de 15000 ppm en concentración de 500 y 2000 ppm cada uno de ellos, un fungicida químico (Manzate) mancozeb al 0.05g, un fungicida orgánico (Jacher) de *Larrea tridentata* a 1000 ppm, un testigo (PDA sin extracto), un control con la dosis de DMSO y metanol utilizado en los tratamientos de *T. erecta* para su disolución. Tras la solidificación, se inoculó con un bloque de 5 mm de cultivo patógeno en el centro de las placas y se incubaron a 25 ± 2 °C en oscuridad hasta que el crecimiento del micelio del testigo alcanzó el tamaño de la placa. Los tratamientos se repitieron 5 veces cada uno.

9. Obtención del CI50 y la CI95

El diámetro del crecimiento del micelio se midió diariamente con un vernier. El porcentaje de inhibición (Ríos *et al.*, 1988) de crecimiento se determinará de la siguiente manera:

$$RRT (\%) = \frac{TCT - TC_t}{TCT} \times 100$$

Donde: TCT= tasa de crecimiento en el testigo; TCt= tasa de crecimiento en el tratamiento

10. Análisis estadístico

Con los datos obtenidos en el porcentaje de inhibición micelial se realizará un análisis de PROBIT en SAS (*Statiscal Analysis Software*) versión 9.1. Para determinar la concentración inhibitoria media (CI_{50}) y la concentración letal 95 (CI_{95}) se realizará un análisis de varianza y prueba de Tukey con probabilidad de 0.5 ($p \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Identificación morfológica y molecular

Se identificó a *Fusarium verticillioides* como responsable de la infección del grano de maíz. De acuerdo a la identificación morfológica, el aislamiento monospórico del hongo creció 0.53 cm día^{-1} y presentó micelio aéreo abundante de color blanco algodónoso al principio, conforme maduró adquirió coloraciones salmón y violeta claro con micelio corto. El hongo produjo microconidios hialinos ovoides unicelulares formados en largas cadenas y macroconidos en forma de canoa septada (Figura 1). En cuanto a las monofiálides fueron largas y ramificadas. Las características morfológicas fueron similares a las descritas por Leslie y Sumarell (2006) y Zácamo-Velázquez *et al.* (2022).

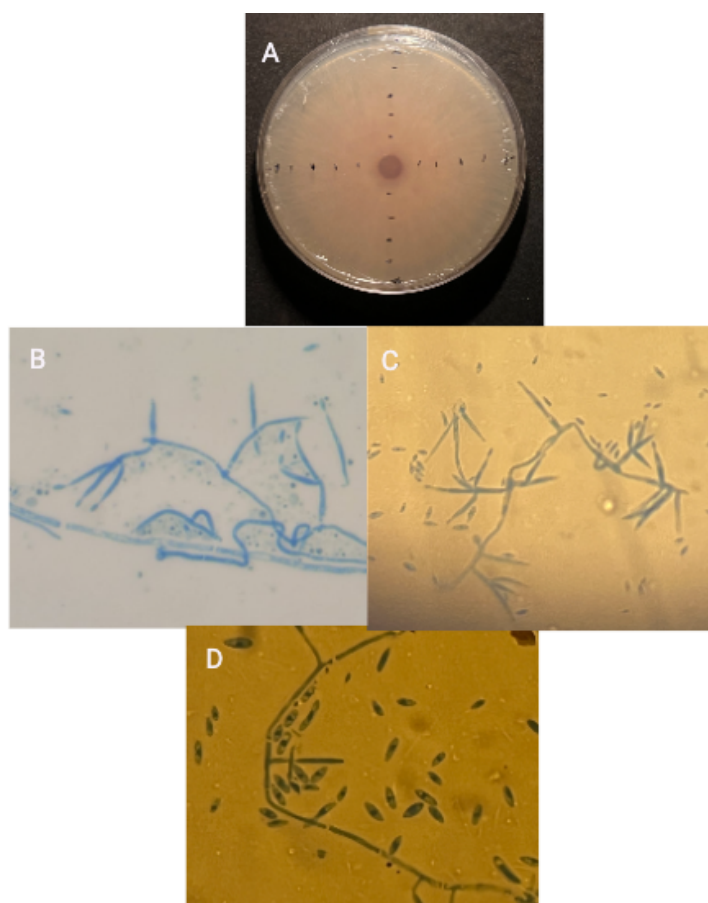


Figura 1. Características macro y microscópicas del hongo monospórico obtenido de semilla de maíz de cultivo orgánico proveniente de Yautepec, Morelos. A) Crecimiento observado después de 5 días de incubación a $25 \pm 2^\circ\text{C}$ en medio de PDA. B;C) Monofiálides x40. E) Micro y macroconidios x40.

En cuanto a la caracterización molecular del hongo por secuenciación de la región intergénica ITS1 del ADN ribosomal se comparó a través del banco de datos de genes (NCBI); mediante la opción de BLASTN 2.2.19 donde se obtuvo un 100% de similitud con *Fusarium verticillioides* (Cuadro 1).

Cuadro 1. Secuencia de pares de bases de la región ITS1 del ADNr de *Fusarium verticillioides*

```
GCGGAGGGATCATTACCGAGTTTACAACCTCCCAAACCCCTGTGAACATACCAATTGTTGCCTCGGCGGAT
CAGCCCGCTCCCGGTAAAACGGGACGGCCCGCCAGAGGACCCCTAAACTCTGTTTCTATATGTAACCTCT
GAGTAAAACCATAAATAAATCAAAACTTTCAACAACGGATCTCTTGGTTCTGGCATCGATGAAGAACGC
AGCAAAATGCGATAAGTAATGTGAATTGCAGAATTCAGTGAATCATCGAATCTTTGAACGCACATTGCGC
CCGCCAGTATTCTGGCGGGCATGCCTGTTTCGAGCGTCATTTCAACCCTCAAGCCCAGCTTGGTGTGGGA
CTCGCGAGTCAAATCGCGTTCCCAAATTGATTGGCGGTCACGTCGAGCTTCCATAGCGTAGTAGTAAAA
CCCTCGTTACTGGTAATCGTCGCGGCCACGCCGTTAAACCCCAACTTCTGAATGTTGACCTCGGATCAGG
TAGGAATACCCGCTGAACCTAAGCATATCA
```

2. Efecto *in vitro* de compuestos botánicos y químicos sobre el hongo fitopatógeno

El efecto de inhibición fue visible desde las 24 hrs de observación, siendo los extractos acetónico y metanólico al 2000 ppm de *T. erecta* y el fungicida químico (mancozeb) los que presentaron un crecimiento mas lento y de textura acortada, a las 48 hrs de incubación se observó un cambio de coloración del medio de cultivo de amarillo a rojizo en todos los tratamientos excepto en el de Mancozeb, que a partir del tercer día se observó su crecimiento de color guinda, los testigos de PDA no presentaron un cambio de color.

Al sexto día, los tratamientos cubrieron el perímetro total de la caja Petri, excepto el tratamiento de Mancozeb y del extracto acetónico a 2000 ppm los cuales tardaron 6 días más (Figura 2).

En este sentido, se evaluó el crecimiento del hongo *Fusarium* calculando la media, desviación estándar y el error estándar de la media para cada tratamiento (Tabla 1). De acuerdo al análisis de varianza, los compuestos que presentaron un mayor efecto inhibitorio sobre el crecimiento micelial fueron el extracto acetónico a una concentración de 2000ppm y el químico sintético (Mancozeb), en 51.5% y 51.3% respectivamente, a un nivel de confianza del 95% (Figura 3).

Estos resultados concuerdan con Padalia y Chanda (2025) donde pusieron a prueba distintos extractos de *T. erecta* con solventes de diferente polaridad: agua, metanol, hexano, acetona y acetato etílico, siendo el extracto acetónico, el que tuvo mayor actividad fungicida y bactericida.

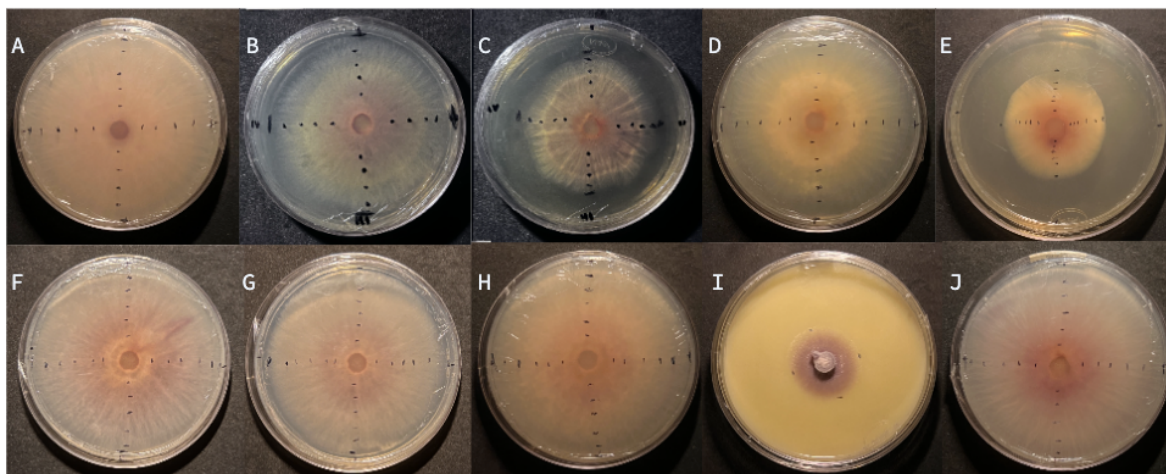


Figura 2. Morfología del crecimiento y desarrollo de *Fusarium* de maíz orgánico en medio envenenado a los seis días de crecimiento a una temperatura de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$. Las líneas representan el crecimiento cada 24hrs. A) Testigo PDA B) Extracto metanólico 500ppm C) Extracto metanólico 2000ppm D) Extrato acetónico 500ppm E) Extracto acetónico 2000ppm F) Extracto hexánico 500ppm G) Extracto hexánico 2000ppm H) *L. tridentata* 1000ppm I) Mancozeb 50mg J) Control de DMSO

Las autoras sugieren que los compuestos del extracto acetónico en combinación con Cloranfenicol y Ceftramizina manifestaron un efecto sinérgico entre los diferentes compuestos extraídos, lo que significa que el efecto antifúngico es más potente que los compuestos individuales por separado (Koul *et al.*, 2018). Resultados similares acerca del efecto de sinergismo han sido reportados por distintos autores donde los compuestos mayoritarios en los aceites de *Tagetes* como piperitona

Tabla 1. Efecto in vitro de compuestos botánicos y químicos en el crecimiento del hongo *Fusarium* del maíz orgánico.

Tratamiento	T. C	PI(%)
Testigo	$22.5 \pm 2.9a$	0
E. metanólico a 500ppm	$21.4 \pm 1.6ab$	8.7
E. metanólico a 2000ppm	$18.1 \pm 1.5d$	25.9
E. acetónico a 500ppm	$15.5 \pm 1.3e$	8.7
E. acetónico a 2000ppm	$8.6 \pm 4.1f$	51.5
E. hexánico a 500ppm	$20.8 \pm 2.2abc$	-0.7
E. hexánico a 2000ppm	$17.8 \pm 0.8de$	7.2
<i>L. tridentata</i> a 1000ppm	$19.8 \pm 1.8bcd$	-0.4
Mancozeb	$4.4 \pm 0.9g$	51.3
Control DMSO al 0.01 y Me	$18.9 \pm 1.8cd$	6.9

Los valores son medias de 5 réplicas por cada tratamiento. Letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). TC: tasa de crecimiento PI: porcentaje de inhibición.

y piperitonona en *T. patula* (Romagnoli *et al.*, 2005) y anetol con estragol en *T. erecta* (López *et al.*, 2018) sin embargo, concluyen que la actividad biológica está ligada a una sinergia de las características químicas de los compuestos constituyentes como tiofenos, fenoles, flavonoides y cumarinas (Camarillo *et al.*, 2009) por lo que el efecto sinérgico es una de las características más importantes de los extractos naturales (Céspedes *et al.*, 2006).

Por otro lado, los compuestos que tuvieron un efecto “estimulante” fueron el extracto hexánico a 500ppm y el compuesto de *L. tridentata* con valores de 0.7 y 0.4 respectivamente, sin embargo, de acuerdo al análisis de Tukey-Kramer no existe una diferencia significativa respecto al Testigo (Figura 4). Podemos inferir que la estimulación en el crecimiento del hongo es por el efecto de hormesis, una relación dosis- respuesta caracterizada por la estimulación a bajas dosis y de inhibición en dosis altas, por lo tanto, *Fusarium* tuvo oportunidad de activar sus mecanismos de defensa, desarrollar resistencia y adaptarse este hecho

fue confirmado por Camarillo *et al.*, (2019) al evaluar los aceites y extractos acuosos proveniente de *T. filifolia* cosechada en Atlautla, Edo. De México como insecticida de la mosca blanca, los resultados revelaron que en concentraciones de 40 mg/mL el compuesto puro de trans-anetol fue

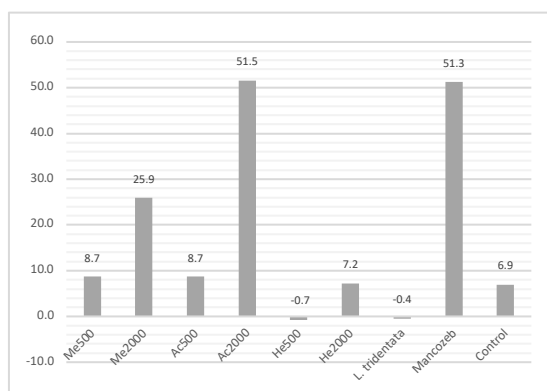


Figura 3. Porcentaje de inhibición en cada tratamientos para *F. verticillioides* de maíz orgánico.

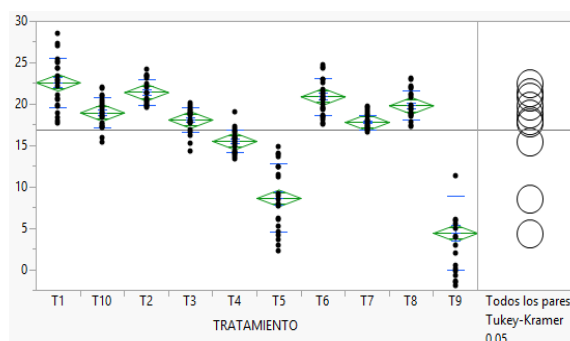


Figura 4. Analisis univariente y Tukey-Kramer. Hexánico 500ppm; T7: Hexánico 2000ppm; T8: *L. tridentata*; T9: Mancozeb; T10: Control. Eje horizontal tratamientos: T1: Testigo; T2: Metanol 500ppm; T3: Metanol 2000ppm; T4: Acetonico 500ppm; T5: Acetonico 2000ppm; T6: Hexánico 500ppm; T7: Hexánico 2000ppm; T8: *L. tridentata*; T9: Mancozeb; T10: Control.

efectiva, pero en concentraciones menores a 3.5 mg/mL estimularon la ovoposición. Sin embargo, no hay estudios suficientes sobre el efecto hormético en hongos de importancia agrícola ni del efecto de las concentraciones de extractos botánicos, pero la evidencia sugiere que la hormesis tiene una gran importancia en el campo de la agricultura (Morales *et al.*, 2017).

Otra posible explicación es que el extracto hexánico facilitó la disponibilidad de alimento por lo que el hongo aprovechó estos compuestos para su metabolismo, en este sentido, Cortés (2006) realizó una extracción con diferentes disolventes con flores de *T. erecta*: hexano, cloruro de metileno, acetona y metanol y observó que el extracto hexánico mostró una mayor concentración de luteína, un carotenoide con función antioxidante altamente utilizado en la industria alimenticia como pigmento, sin embargo, no tiene un efecto fungicida.

En este sentido, la amplia gama de efectos producidos por los extractos de *Tagetes* están ligados en la variabilidad de la composición química de los metabolitos secundarios (Ruiz-González, 2025) y ésta a su vez está influenciada por la diversidad edáfica y climática (Zárate-Escobedo *et al.*, 2018) así como factores genéticos (Acero-Godoy *et al.*, 2019), en la presente investigación el clima donde se cultivó y cosechó *T. erecta* es cálido subhúmedo y de acuerdo a Zárate-Escobedo *et al.*, (2018) los metabolitos mayoritarios en el aceite esencial de *T. lucida* en un clima cálido son terpenos, mientras que en climas templado frío y semifrío la presencia de fenilpropanoides es más alta.

Por otro lado, los resultados mostraron que el efecto de la actividad antifúngica de *Tagetes erecta* fue significativa en *F. verticillioides* (Figura 3), especialmente para el extracto acetónico la CL50 se obtendría a 1120ppm y una CL95 a 6600 ppm, concentraciones similares que lo obtenido en otra investigación (Hernández, 2020) donde reportan un CL50 del extracto hexánico de *A. mexicana* a 3146 ppm y un CL95 a 6248, sin embargo nuestro extracto hexánico tuvo un intervalo mucho más alto: un CL50 de 4000 y CL95 de 29500 pero mas bajo que el extracto acuoso de *A. mexicana* con una CL95 de 31317ppm, por lo tanto los valores de concentración

letal son útiles como guía para la elección de concentraciones apropiadas y efectivas.

En este sentido, el análisis de varianza y pruebas de comparación de medias revelaron que la eficiencia del extracto acetónico de *T. erecta* a una concentración de 2000ppm exhibió un efecto fungicida estadísticamente comparable ($p > 0.05$) a la del fungicida químico comercial Mancozeb aplicado in vitro a 0.05 g; la misma dosis propuesta por Ayvar-Serna *et al.*, (2021) para el control in vitro de *F. solani* de jitomate, donde reportó 100% de efectividad desde las primeras 24 hrs. del tratamiento.

Por lo tanto, la ineficiencia de Mancozeb frente a *Fusarium* del maíz puede estar ligada a la patogenicidad y virulencia propia de la genética de la especie (Rauwane *et al.*, 2020) así como las características distintivas de la localidad e incluso el genotipo de maíz sembrado (Silva *et al.*, 2017) y el desarrollo de resistencia ante el producto por una larga exposición (UPL Argentina, 2022). Tal como lo expone Yang *et al.*, (2019) al evaluar la resistencia que desarrolló *A. alternata*, un hongo patógeno aislado de la papa, frente a Mancozeb, donde concluye que hay una relación positiva entre la agresividad y la tolerancia al fungicida químico, por lo tanto, aumenta la capacidad de causar enfermedades.

Aunque en la actualidad el hongo estudiado pertenece a un sistema de cultivo orgánico de maíz, necesitamos considerar la evidencia que se ha reportado donde el uso de éstas moléculas sintéticas en fungicidas como mancozeb tienen un alto contenido de trazas en el suelo, por lo que podemos inferir que sigue presente en el sistema, ya sea por el uso previo o por una contaminación cruzada de parcelas vecinas (Naranjo, 2011; Gutierrez & Barrietos, 2021). Es importante considerar que Mancozeb se ha prohibido en algunos países y en México se considera plaguicida altamente peligroso por altos riesgos de carcinogenicidad, sin embargo, no existe una regulación en el mercado por parte de las autoridades (Gutierrez & Barrietos, 2021).

CONCLUSIÓN

Los resultados de este estudio indican que el extracto acetónico de *Tagetes erecta* a una concentración de 6600 ppm posee un potente efecto fungicida, comparable al de un producto químico ampliamente utilizado. Este hallazgo es de gran importancia, ya que sugiere el potencial de la planta para ser una alternativa natural y sostenible para el control de *Fusarium verticillioides*, un patógeno de gran impacto en la agricultura.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ann T. (2021) Dynamic association of *Fusarium verticillioides* with maize and its biological control. Gujarat, India. *The Pharma Innovation*. 10(7): 1010-1019
- Ayvar-Serna, Sergio, Díaz-Nájera, José Francisco, Vargas-Hernández, Mateo, Enciso-Maldonado, Guillermo Andrés, Alvarado-Gómez, Omar G., & Ortiz-Martínez, Andros Iván. (2021). Actividad antifúngica de pesticidas biológicos, botánicos y químicos sobre el agente causal de la marchitez vascular del jitomate. *Revista fitotecnia mexicana*, 44(4), 617-624. Epub 30 de noviembre de 2023. <https://doi.org/10.35196/rfm.2021.4.617>
- Barajas Pérez J. S., Montes-Belmont R., Castrejón Ayala F., Flores-Moctezuma H. E., Serrato Cruz M. A. (2011). Propiedades antifúngicas del género *Tagetes*. Yautepec, Morelos. *Revista Mexicana de Micología*. 34:85-91
- Bejarano, G. F. (2017). Los plaguicidas altamente peligrosos en México. Texcoco, Estado de México: RAPAM.
- BIO-LATINA. (2010). Normas básicas para la Agricultura Orgánica. Obtenido de BIO LATINA: <https://biolatina.com/wp-content/uploads/2018/08/UE-GNP-COM-150113.pdf>
- Camacho- Campos, C., Pérez-Hernández, Y., Valdivia-Ávila, A., Ramírez-Pérez, H. L. & Gómez Brisuela (2019). Propiedades fitoquímicas y antibacterianas de extractos de *Tagetes erecta* L. (Asteraceae). *Revista Cubana de Química* 31(1) 53-64. Recuperado el 22 de enero de 2025, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-54212019000100053
- Camacho López, M. D. (2012). Identificación y variabilidad genética de cepas de *Fusarium spp.* aisladas de clavel (*Dianthus caryophyllus*) en Baja California, México. Ensenada: CICESE. Obtenido de <https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1007/2498/1/192101.pdf>
- Camarillo R, Gabriela, Ortega A, Laura D, Serrato C, Miguel A, & Rodríguez H, Cesáreo. (2009). Actividad biológica de *Tagetes filifolia* (Asteraceae) en *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Revista Colombiana de Entomología*, 35(2), 177-184. Retrieved October 01, 2025, from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-04882009000200012&lng=en&tlng=es.
- Castolo-Calderon, E., Bahena, F., Escobedo-Cruz, H., & Alvarado-Alonso, C. (2018). Extractos vegetales para el manejo de insectos plaga. *Tagetes patula*, *Tagetes erecta*. Enlace. *La Agricultura de Conservación*, 8-10.

- Céspedes, C. L.; Avila, J. G.; Martínez, A.; Serrato, B.; Calderón, J. C. and Salgado, R. 2006. Antifungal and antibacterial activities of Mexican tarragon (*Tagetes lucida*). J. Agric. Food Chem. 54(10):3521-3527.
- COESPO. (2022). Síntesis Estadística Municipal 2022. Yautepec Morelos: Secretaria de Hacienda. Recuperado el 20 de Marzo de 2025, de https://coespo.morelos.gob.mx/images/Datos_municipales/Ayala.pdf
- CONABIO. (2011). Proyecto Global de Maíces Nativos. Recuperado el 10 de Enero de 2025, de Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad; Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias; Instituto Nacional de Ecología y cambio Climático. México.: <https://biodiversidad.gob.mx/diversidad/proyectoMaices>
- Cortés C. M. (2006). Estudio químico de *Tagetes erecta* como recurso natural importante por su alto contenido de carotenoides. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México.] Ciudad de México.
- Da Silva, J., De Oliveira, C., & Ramalho, L. (2022). An overview of mycotoxins, their pathogenic effects, foods where they are found and their diagnostic biomarkers. Food Science and Technology, 1-9.
- De la Torre-Hernández, M. E.-R.-S.-d. (2014). Fumonisin -Síntesis y función en la interacción *Fusarium verticillioides*-maíz. Revista especializada en ciencias químico-biológicas, 77-91.
- Flores-Moctezuma, H. E., Montes-Belmont, R., Jiménez-Pérez, A., & Nava-Juárez, R. (2006). Pathogenic diversity of *Sclerotium rolfsii* isolates from Mexico, and potential control of southern blight through solarization and organic amendments. Crop Protection, 108-118.
- Figuerola-Rivera, M. G., Rodríguez-Guerra, R., Guerrero-Aguilar, B. Z., González-Chavira, M. M., Pons-Hernández, J. L., Jiménez-Bremont, J. F., Mendoza-Elos. (2010). Caracterización de Especies de *Fusarium* Asociadas a la Pudrición de Raíz de Maíz en Guanajuato, México. Revista Mexicana de Fitopatología, 124-134.
- Funzalida F. & Placencia E. (2021). El Tao de Ernst Gotsch. Ediciones AguaTierra. Santiago, Chile.
- Gesteiro P. N. (2018). Búsqueda de compuestos de defensa en el maíz frente al hongo *Fusarium verticillioides*. Recuperado el Enero de 2025, de Unhiversidade Vigo: https://digital.csic.es/bitstream/10261/175742/1/Butron_Busqueda_compuestos.pdf
- Gómez-Rodríguez, O., Zavaleta-Mejía, E., González-Hernández, V., Livera-Muños, M., & CárdenasSoriano, E. (2007). Physiological and morphological adaptations in tomato intercropped with *Tagetes erecta* and *Amaranthus hypochondriacus*. Rev. Fitotec. Mex., 421-428.
- Gutierrez, Y., & Barrientos, G. (2021). *Opciones para sustituir plaguicidas altamente peligrosos*. Obtenido de CIMMYT Desarrollo Estratégico: <https://idp.cimmyt.org/opciones-para-sustituir-plaguicidas-altamente-peligrosos/>
- Hernández-Delgado, Reyes-López, Garcia, O., & Mayek-Perez. (2007). Incidencia de Hongos Potencialmente Toxígenos en Maíz (*Zea mays* L.) Almacenado y Cultivado en el Norte de Tamaulipas, México. Revista Mexicana de FITOPATOLOGIA, 127-134. Obtenido de Revista Mexicana de FITOPATOLOGIA: <https://www.scielo.org.mx/pdf/rmfi/v25n2/v25n2a6.pdf>
- Hernández S. I.. (2020). Evaluación de la actividad antifúngica de los extractos de *Argemone mexicana* L. [Tesis de Maestría, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.]
- Jabar, A.A., Faraj, J.A., Talib, M. M. (2020). Antifungal activity of *Tagetes erecta* extract and *Trichoderma harzianum* on the pathogenic fungus *Fusarium verticillioides*. College of Agriculture, Kerbala University, Iraq. Plant Archives, 185-188.
- Jaramillo, E., Barrezueta, S., Luna, E., & Castillo, S. (2017). Efecto biofungicida del gel de Aloe vera sobre *Mycosphaerella fijiensis*, agente causal de la Sigatoka negra en Musa (AAA). Scientia Agropecuaria, 8(3). <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.03.10>

- Kato, T., C., M., L.M, M., J.A., S., & R.A., B. (2009). Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica. México D.F. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Leng P., Zhang, Z., G., P., & Zhao, M. (2011). Applications and development trends in biopesticides. *African Journal of Biotechnology*, 19864-19873.
- Leslie J. F. & Summerell B. A. (2006). The *Fusarium* laboratory manual. Blackwell Publishing, 274-278
- López-Binnqüist. (09 de 07 de 2019). En riesgo, cultivo de maíz en México. (C. P. Vázquez, Entrevistador)
- López, L. E.; Peña M. G. O.; Colinas L. M. T.; Diaz, C. F. y Serrato, C. M. A. 2018. Fungistasis del aceite esencial extraído de una población de *Tagetes lucida* de Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 9(2):329-341. Doi.org/10.29312/remexca.v9i2.1075.
- Martínez Jimenez, G. M. (2002). Identificación de compuestos activos en dos especies de *Tagetes* (Compositae) con toxicidad para larvas de *Aedes aegypti* L. Nuevo Leon: UANL.
- Mares D., Tosi B., Romagnoli C. & Poli F. (2002). Antifungal activity of *Tagetes patula* extracts, *Pharmaceutical Biology*, 40:5, 400-404. DOI: 10.1076/phbi.40.5.400.8459
- Mendoza, E. L. (2003). Herencia genética y citoplásmica de la resistencia a la pudrición de la mazorca de maíz (*Zea mays* L.) causada por *Fusarium moniliforme* Sheld. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 267-271.
- Moncada, H., Fuentes Sandoval W. L. & Gianella Milagritos (2019). Toxicidad del extracto etanólico de plantas de campo y callos In Vitro de *Tagetes Minuta* y *Tagetes Erecta* sobre *Meloidogyne* spp. en *Solanum Lycopersicum* L. Perú: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Montes-Belmont, R., & Prados-Ligero, A. M. (2006). Influence of plant extracts on *Sclerotium cepivorum* development. *Journal of Plant Pathology*, 373–377.
- Montesinos Matías, R., Ayala Zermeño, M. A., & Berlanga Padilla, A. M. (2015). Manual para la conservación y mantenimiento de hongos entomopatógenos. México: Unidad de Promoción y Vinculación - SENASICA.
- Morales Fernández, L., Moreno Roldán, E., & Espigares Rodríguez, E. (2017). El efecto hormético en sustancias biocidas de interés sanitario. *Higiene y Sanidad Ambiental*, 17(4), 1565-1577
- Naranjo J. 2011. Propuesta de un perfil de riesgo químico establecido para la mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth.) producida en Colombia. [Tesis de Maestría, Universidad para la Cooperación Internacional]. San José, Costa Rica.
- Nava-Pérez, E., García-Gutiérrez, C., Camacho-Báez, J. R., & Vázquez-Montoya, E. L. (2012). Bioplaguicidas: una opción para el control biológico de plagas. *Ra Ximha*, 17-29.
- Nikkon Farzana, Habib M. R, Saud Z. A, & Karim M. R. (2011). *Tagetes erecta* Linn. and its mosquitocidal potency against *Culex quinquefasciatus*. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 1(3), 186–188
- OMS. (2022). Residuos de plaguicidas en los alimentos. Recuperado el 9 de Enero de 2025, de OMS: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/pesticide-residues-in-food>
- Padalia H, Chanda S (2025) Antimicrobial Efficacy of Different Solvent Extracts of *Tagetes erecta* L. Flower, Alone and in Combination with Antibiotics. *Appli Micro Open Access* 1: 1000106. doi:10.4172/2471-9315.1000106
- Pizzolitto, R. P., Jacquat, A. G., Usseglio, V. L., Achimón, F., Cuello, A. E., Damboleana, & S., J. (2020). Quantitative-structure-activity relationship study to predict the antifungal activity of essential oils against *Fusarium verticillioides*. *Food Control*.
- Quilambaqui, Miguel, A. (2005) Aislamiento e Identificación de Especies de *Fusarium* spp Asociadas al Declinamiento del Espárrago (*Asparagus officinalis* L.) en Cinco Municipios de Guanajuato, México. *Resvista Tecnológica ESPOL*, 135-140
- Rauwane, M. E., Ogugua, U. V., Kalu, C. M., Ledwaba, L. K., Adugna, A. W., & Ntushelo, K. (2020).

- Pathogenicity and virulence factors of *Fusarium graminearum* including factors discovering using next generation sequencing technologies and proteomics. *Microorganisms*, 8(2), Article 305. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8020305>
- Rincón-Enríquez, G., Quiñones-Aguilar, E. E., Qui-Zapata, J. A., & SerratoCruz, M. A. (2012). Efectividad biológica de extractos de *Tagetes spp* sobre bacterias fitopatógenas. México: SNICS-SINAREFI, CIATEJ.
- Ríos J.L. Et al. 1988 Screening Methods for natural products with antimicrobial activity: a review of the literature. *Journal of Ethnopharmacology*, No. 23. pp: 127-149.
- Romagnoli, C., Bruni, R., Andreotti, E., & Rai, M. (2005). Chemical characterization and antifungal activity of essential oil of capitula from wild Indian *Tagetes patula* L. *Flavour and Fragrance Journal*, 20(2), 163-168.
- Salehi, B., Valussi, M., Morais-Braga, B., Pereira Carneiro, N., Borges Leal, L., Melo Coutinho, D., & Vitalini, S. (2018). *Tagetes spp*. Essential Oils and Other Extracts: Chemical Characterization and Biological Activity . *Molecules*, 28-47.
- Sánchez, C. E., Romero, B. L., Bazán, B.E., Trejo, L. S., Romero, C. M., Romero, C. Y., (2017). Efecto fungicida del extracto acuoso de *Tagetes erecta* sobre el crecimiento micelial de *Fusarium sp*. *Big Bang Faustiniiano*, 6(3): 23-26
- Sanz Cervera, S. A. (2011). *Prácticas de Microbiología*. España: UNIVERSIDAD DE LA RIOJA.
- Silva, J. J., Viano, H. P., Ferranti, L. S., Oliveira, A. L. M., Ferreira, J. M., Ruas, C. F., Ono, E. Y. S., & Fungaro, M. H. P. (2017). Genetic structure of *Fusarium verticillioides* and occurrence of fumonisins in maize grown in Southern Brazil. *Crop Protection*, 99, 161–167. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.05.020>
- Serrato-Cruz, M. A., Bautista, R. F., & Monroy-Sais, A. S. (2014). Guía para conocer el Germoplasma Mexicano de Cempoalxóchitl (*Tagetes spp.*). Chapingo, Texcoco: SAGARPA.
- Summerell, B. A., Salleh, B., & Leslie, J. F. (2003). A Utilitarian Approach to *Fusarium* Identification. *The American Phytopathological Society*, 117-128.
- Toribio-Hernández, E., & Grande-Romero, Y. C. (2020). Efecto bioinsecticida de *Tagetes erecta* (Asteraceae) sobre la mosca sierra del pino *Zadiprion vallicola* (Diprionidae). *Madera y Bosques*, 26(1).
- UNAM (1 de Julio de 2023). Nuevos Diálogos. Obtenido de Disputa por el maíz, choque de culturas. *Nuevos Diálogos*. Recuperado el 10 de Febrero 2025; <https://nuevosdialogos.unam.mx/comentarios/disputa-por-el-maiz-choque-de-culturas/>
- UPL Argentina (20 de Octubre 2022). Resistencia a fungicidas | Un problema incipiente que pone en vilo a la agricultura. Recuperado el 10 de Febrero 2025, de UPL <https://www.upl-ltd.com/ar/M%C3%A1s-informaci%C3%B3n-de-las-noticias/resistencia-a-fungicidas-un-problema-incipiente-que-pone-en-vilo-a-la-agricultura-3>
- Wagner H. & Bladt S. (1996) *Plant Drug Analysis: A Thin Layer Chromatography Atlas*. 2a ed. Springer. Nueva York, EEUU. 384pp.
- Wit, M. W.-M. (2011). Susceptibility of flint and dent maize ears to *Fusarium* species. *Phytopathologia*, 35-45.
- Yang, L.-N., He, M.-H., Ouyang, H.-B., Zhu, W., Pan, Z.-C., Sui, Q.-J., Shang, L.-P., & Zhan, J. (2019). Cross-resistance of the pathogenic fungus *Alternaria alternata* to fungicides with different modes of action. *BMC Microbiology*, 19(1), 205. <https://doi.org/10.1186/s12866-019-1574-8>
- Yin Y, Miao J, Shao W, Liu X, Zhao Y, Ma Z. (2023). Fungicide Resistance: Progress in Understanding Mechanism, Monitoring, and Management. *Phytopathology* 113(4):707-718
- Zácamo-Velázquez, N. Y., Ireta-Moreno, J., Salinas-Moreno, Y., Gómez-Rodríguez, V. M., Ramírez-Vega, H., & Martínez-Loperena, R. (2022). Morphological/pathogenic variability of *Fusarium verticillioides* in La Ciénega/Chapala, Mexico and inoculation techniques evaluation. *Agronomía Mesoamericana*, 34(1), Artículo 49679. <https://doi.org/10.15517/am.v34i1.49679>

Zarate-Escobedo, J., Castañeda-González, E. L, Cuevas- Sánchez, J. A., Carrillo-Fonseca, C.L., Ortiz-Torres, C., Ibarra-Estrada, E., Serrato-Cruz, M. A. (2018). Aceite esencial de algunas poblaciones de *Tagetes lucida* Cav. De las regiones norte y sur del Estado de México. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 41 (2): 199-209

 Casa abierta al tiempo
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
 Unidad Xochimilco
DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
 Actividades de Servicio Social
 Calendario

Objetivo	Actividades a realizar	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8
Elaborar extracto hexánico, acetónico y metanólico de <i>T. erecta</i> .	Procesamiento del material vegetal y obtención de los extractos.	X	X						
Determinar grupo de compuestos de los extractos de <i>T. erecta</i> .	Pruebas fitoquímicas del cempasúchil.			X	X	X			
Calcular la CI50 y la CI95 de los extractos de <i>T. erecta</i> sobre <i>Fusarium spp.</i>	Pruebas de la acción fungicida del cempasúchil.				X	X	X		
Calcular la CI50 y la CI95 de los extractos de <i>T. erecta</i> sobre <i>Fusarium spp.</i>	Análisis de resultados y desarrollo del informe final.							X	X
Caracterizar morfológica y molecularmente las cepas de <i>Fusarium</i> aisladas de maíz	Obtención e identificación de <i>Fusarium</i>				X	X	X		
Caracterizar morfológica y molecularmente las cepas de <i>Fusarium</i> aisladas de maíz	Análisis de resultados y desarrollo del informe final							X	X


 Dr. Juan Ramírez Zamora
 Asesor Interno
 Depto. de Producción Agrícola
 Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad
 Xochimilco
 No. Eco: 38245


 M. en C. Hilda Elizabeth Flores Moctezuma
 Asesora externa
 Depto. De Interacciones Planta Insecto
 Centro de Desarrollo de Productos Bióticos. IPN
 Ced. Prof. 4770988


 Torres Martínez Patricia María
 Número de matrícula: 2172034312