

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Identificación de los Patógenos Asociados a la Marchitez de Solidago (*Solidago canadensis* L.) en Santa Isabel Cholula, Puebla.

Por:

**EDILBERTO VALENCIA GRANDE**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO**

Saltillo, Coahuila, México.

Junio de 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Identificación de los Patógenos Asociados a la Marchitez de Solidago (*Solidago canadensis* L.) en Santa Isabel Cholula, Puebla.

Por:

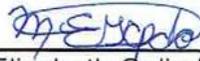
**EDILBERTO VALENCIA GRANDE**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO**

Aprobada por el Comité de Asesoría



Dra. Ma. Elizabeth Galindo Cepeda

Asesor Principal



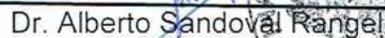
Dra. Fabiola Garrido Cruz

Coasesor



M.C. Abiel Sánchez Arizpe

Coasesor



Dr. Alberto Sandoval Rangel

Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México.

Junio de 2025

### **Declaración de no plagio:**

El autor principal quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Autor principal

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping, fluid strokes that form a cursive-like shape.

---

Edilberto Valencia Grande

## AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por permitirme llegar hasta este momento culminante de mi vida académica por tu infinita misericordia porque en ella encontré la fortaleza, la sabiduría y la paz necesarias para superar cada obstáculo. Su amor y misericordia han sido mi guía constante, y sin su presencia, este logro no habría sido posible.

A mi padre † **Fausto Valencia Páez** por sus enseñanzas y consejos que han contribuido a forjar el hombre que soy hoy. Gracias por inspirarme a superarme, por inculcarme el valor del conocimiento y por ser ejemplo de esfuerzo y perseverancia.

A mi madre **Apolonia Grande Pérez** por darme la vida, por ser mi consuelo aun en la distancia, por tu amor incondicional a pesar de todo. Por qué has sido ejemplo de valentía, de lucha, y tenacidad.

A mis hermanos **Margarita, Isabel, Elia, Jazmín, Valeria, Alberto y Luis Enrique** por el apoyo incondicional, el cariño y palabras de aliento que me hicieron creer en mí. Por ser hermanos, amigos y confidentes.

A mis Abuelos **José Lucas Grande, Dolores Pérez, y Claudia Páez Carrillo**, por todo el amor brindado y cuidados desde niño. Por todas esas historias, por cada uno de los consejos que me hicieron poco a poco aprender de la vida.

A mis tías **Eugenia Grande Pérez y Ricarda Grande Pérez** por todos los consejos y apoyo brindado, por no dejarme solo cuando lo necesite, a ustedes y a sus familias las llevo en el corazón con profundo agradecimiento.

A la **Dra. Elizabeth Galindo Cepeda** por su invaluable guía, paciencia, exigencia académica y compromiso durante el desarrollo de esta investigación. Su apoyo y confianza fueron fundamentales en cada etapa del proceso. Gracias por su disposición

constante, por compartir su conocimiento de forma accesible y por hacerme sentir acompañado en todo momento.

A la **Dra. Fabiola Garrido Cruz** por su interés genuino en mi trabajo, brindándome apoyo, orientación y palabras de aliento en los momentos clave del proyecto. Su amabilidad, generosidad y alegría no solo enriquecieron el desarrollo académico de esta tesis, sino también mi experiencia personal durante esta etapa.

Al **Dr. Abiel Sánchez Arispe** por su apoyo brindado durante la revisión de este trabajo y por sus enseñanzas que contribuyeron en mi formación, que en cualquier duda que tuve me ayudo siempre con generosidad.

A la Laboratorista **María Cristina Sánchez**, por su apoyo brindado en la ejecución de este proyecto, siempre con gran generosidad y con la bondad que la caracteriza, por los consejos, indicaciones y recomendaciones que me facilitaron el trabajo en el laboratorio.

A **Javier García Fabela** por ser mucho más que un amigo. Fuiste el primero que la universidad me dio, pero con el tiempo te convertiste en compañero de aventuras, compadre y hermano, que, aunque no de sangre, pero sí de afecto sincero y profundo. Gracias por tu lealtad, tu alegría y por no dejarme solo nunca, incluso en los momentos más difíciles. Tu amistad ha sido uno de los regalos más valiosos de esta etapa, y llevaré con gratitud cada momento compartido.

A mis compañeros de generación **Arturo Barrera Cortes, Ricardo Ramírez y Estefany Islas Cervantes** porque en ustedes siempre encontré la calidez de un amigo.

A mis amigos **Pilar Meza, José Armando Mirón, Vanesa Gonzales, Aidyl Michel Flores, Eduardo López, Elihuth Tapia, Alan García, Dereck cruz, Francisco García** por hacer la estancia en esta universidad más placentera, por compartir buenos y malos momentos. Porque con ustedes siempre pude ser yo mismo, los llevo en el corazón con profundo aprecio.

## DEDICATORIA

A **Dios** por que sé que en ti todo es posible, porque te debo lo que soy y lo que significo. Por qué has sido mi paz y mi consuelo en este largo camino, gracias por cada bendición que me has brindado y por qué en tu amor he encontrado la fortaleza y sabiduría cuando lo necesite.

A mis padres † **Fausto Valencia Páez** y **Apolonia Grande Pérez** por darme la vida, por educarme con amor y valores, y por enseñarme que el esfuerzo y la honestidad son el camino hacia el verdadero éxito. Este logro también es suyo.

A mi hermano **Alberto Valencia Grande** por tu respaldo incondicional, por estar presente pese a la distancia y por brindarme tu apoyo sin reservas. Espero que este logro lo sientas como tuyo propio.

A toda la familia **Valencia**, familiares y seres queridos, por creer en mí, por cada palabra de aliento y por acompañarme en cada paso de este recorrido.

## ÍNDICE DE GENERAL

AGRADECIMIENTOS .....	IV
DEDICATORIA.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS .....	X
RESUMEN .....	XII
1.INTRODUCCIÓN .....	1
Justificación.....	2
Objetivo General .....	2
Objetivos Específicos .....	2
Hipótesis .....	2
2.- REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Floricultura en México .....	3
2.2. Asteráceas .....	3
2.3. Solidago .....	4
2.4. Taxonomía .....	5
2.5. Morfología de la Planta de Solidago .....	5
2.5.1 Raíz .....	5
2.5.2 Tallos .....	6
2.5.3 Hojas.....	6
2.5.4. Inflorescencia .....	7
2.6. Propagación .....	8
2.7. Condiciones edáficas y clima .....	8
2.8. Ciclo Vegetativo .....	9
2.9. Principales Enfermedades del Cultivo De Solidago .....	9
2.10. <i>Fusarium oxysporum</i> .....	10

2.10.2. Sintomatología .....	11
2.10.3. Epidemiología.....	4
2.10.4. Ciclo de Vida.....	5
2.11. <i>Fusarium equiseti</i> .....	5
2.11.1. Taxonomía.....	6
2.12. <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> .....	6
2.12.1 Taxonomía.....	7
2.12.2. Sintomatología .....	7
2.12.3. Epidemiología.....	7
2.12.4. Ciclo de Vida.....	8
2.13. <i>Verticillium spp</i> .....	8
2.13.1. Taxonomía.....	8
2.13.2. Sintomatología .....	9
2.13.3. Epidemiología.....	9
2.13.4. Ciclo de vida .....	10
2.14. Nematodos.....	10
3. MATERIALES Y MÉTODOS .....	13
3.1. Obtención de la Muestra .....	13
3.2. Procesamiento de las Muestras .....	13
3.3. Aislamiento y Purificación .....	13
3.4. Identificación Morfológica y Molecular .....	14
3.5. Preparación del Material Vegetal para Pruebas de Patogenicidad .....	15
3.6. Incremento del Inóculo .....	15
3.7. Preparación de la Solución .....	15
3.8. Inoculación del Material Vegetal .....	15
3.9. Re aislamiento de los Hongos Inoculados .....	16
3.9. Extracción de Nematodos Fitopatógenos.....	16
3.10. Conteo de Nematodos .....	17

3.11. Identificación de Nematodos de Suelo .....	18
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
4.1. Corroboración de la Especie .....	23
4.2. Conteo e Identificación de Nematodos Presentes .....	25
CONCLUSIÓN .....	31
BIBLIOGRAFIA .....	32
ANEXOS .....	37
Resultados secuenciación <i>Fusarium equiseti</i> .....	37
Resultados de secuenciación <i>Fusarium oxysporum</i> .....	37

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Altura del cultivo de solidago en Santa Isabel Cholula, Puebla. ....	6
Figura 2	Floración de cultivo de solidago en Santa Isabel Cholula, Puebla. ....	7
Figura 3	Planta de solidago 30 días después del trasplante en Santa Isabel Cholula, Puebla. ....	8
Figura 4	Síntoma del marchitamiento vascular causado por <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. lycopersici en una planta de to-mate; B. Síntoma en detalle de la obstrucción del xilema; C. Síntoma detallado de la enfermedad en la base de una planta de tomate; D. Macroconidios de <i>F. oxysporum</i> f. sp. lycopersici (Vazquez, 2017). ....	4
Figura 5	Colonias de <i>Fusarium</i> aisladas del cultivo de solidago .....	19
Figura 6	Resultados del BLAST: <i>Fusarium oxysporum</i> .....	21
Figura 7	Resultados del BLAST: <i>Fusarium equiseti</i> .....	21
Figura 8	A: Testigo., B: <i>Fusarium equiseti</i> ., C: <i>Fusarium oxysporum</i> ., D: Mezcla de 7 colonias., E: Mezcla de <i>F. oxysporum</i> y <i>F. equiseti</i> . Nueve días después de establecido el ensayo.....	22
Figura 9	A-B: Anverso y reverso de colonia de <i>Fusarium equiseti</i> aislado de solidago. C: Macroconidia de <i>F. equiseti</i> .....	23
Figura 10	A-B: Anverso y reverso de colonia de <i>Fusarium oxysporum</i> aislado de solidago. C: Macroconidia de <i>F. oxysporum</i> . ....	23
Figura 11	A-B: Anverso y reverso de colonia re aislada de <i>Fusarium equiseti</i> . C: Macroconidia de <i>F. equiseti</i> .....	24
Figura 12	A-B: Anverso y reverso de colonia re aislada de <i>Fusarium oxysporum</i> . C: Macroconidia de <i>F. equiseti</i> .....	24
Figura 13	<i>Pratylenchus</i> sp. Observacion microscopio compuesto a 40x. Cabeza conica redondeada o truncada. Nodulos basales visibles al microscopio. Istmo delgado. ....	26
Figura 14	<i>Criconea</i> sp. Observacion en microscopio compuesto a 40x. Cutícula con anillos gruesos y bien marcados, que le dan un aspecto segmentado característico. Cuerpo en forma de C cuando está relajado o muerto. Poseen un estilete largo y robusto. ....	27
Figura 15	<i>Rhabditis</i> sp. Observacion en microscopio compuesto a 40x. Cabidad bucal a manera de tubo. Istmo estrecho. Bulbo posterior grande y globoso. Cola filiforme.	28

Figura 16 *Tylenchorinchus sp.* observación de la zona craneoencefálica en microscopio compuesto a 40x. Fuerte estilete con lóbulos basales bien distinguibles. Bulbo basal bien desarrollado. ....28

Figura 17 *Aphelenchus sp.* Observación en microscopio electrónico a 40x. Estilete y nódulos pequeños, poco visibles al microscopio. Bulbo medio grande y desarrollado que cubre casi toda el área del cilindro esofágico. Cola redonda. ....29

## RESUMEN

El cultivo de *Solidago canadensis* (vara de oro), es una planta ornamental ampliamente utilizada como follaje en arreglos florales. En Santa Isabel Cholula, Puebla, es fuente de ingreso para pequeños y medianos productores. En los últimos años su producción se ha incrementado, sin embargo, se ha visto limitada por una enfermedad que causa la marchitez en este cultivo, lo cual genera pérdidas económicas importantes. Debido a la escasa información científica sobre los agentes causantes de esta enfermedad, el presente trabajo tuvo como objetivo identificar los patógenos responsables.

Se colectaron muestras de plantas enfermas y suelo, se realizaron procedimientos de aislamiento y purificación, así como extracción y conteo de nematodos. El aislamiento y purificación de los hongos se efectuó mediante siembra en medio Papa Dextrosa Agar (PDA), y su identificación se realizó por caracterización morfológica y análisis molecular, la extracción de nematodos se realizó mediante el método de “Tamizado-centrifugado-flotación” y la identificación se llevó a cabo con ayuda de claves taxonómicas.

Se identificaron especies del género *Fusarium* particularmente *F. oxysporum* y *F. equiseti*, asociadas a la sintomatología, así como la presencia de nematodos fitoparásitos de los géneros *Pratylenchus*, *Criconema*, *Tylenchorhynchus* y *Aphelenchus*.

Los resultados permiten establecer una base para estrategias de manejo integrado de enfermedades en solidago y contribuyen al conocimiento de la sanidad vegetal en cultivos ornamentales del estado de Puebla.

**Palabras clave:** Solidago, marchitez, *Fusarium*.

## Abstract

The cultivation of *Solidago canadensis* (goldenrod) is an ornamental plant widely used as foliage in floral arrangements. In Santa Isabel Cholula, Puebla, it serves as a source of income for small and medium-sized producers. In recent years, its production has increased; however, it has been limited by a disease that causes wilting, leading to significant economic losses. Due to the limited scientific information on the causal agents of this disease, the objective of this study was to identify the responsible pathogens.

Samples of diseased plants and soil were collected. Fungal isolation and purification procedures were carried out, as well as nematode extraction and counting. Fungal isolation and purification were performed using Potato Dextrose Agar (PDA) medium, and identification was based on morphological characterization and molecular analysis. Nematode extraction was conducted using the sieving-centrifugation-flotation method, and identification was performed with the aid of taxonomic keys.

Species of the genus *Fusarium*, particularly *F. oxysporum* and *F. equiseti*, were identified in association with the observed symptoms, along with plant-parasitic nematodes from the genera *Pratylenchus*, *Criconema*, *Tylenchorhynchus*, and *Aphelenchus*.

The results provide a basis for developing integrated disease management strategies in *Solidago* and contribute to the understanding of plant health in ornamental crops in the state of Puebla.

**Keywords:** *Solidago*, wilting, *Fusarium*.

## 1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de *Solidago canadensis* L., conocido comúnmente como vara de oro, ha adquirido una creciente relevancia dentro de la floricultura nacional debido a su valor ornamental, alta demanda comercial y potencial de exportación. Esta especie, perteneciente a la familia Asteraceae, se cultiva ampliamente como follaje de acompañamiento en arreglos florales.

En el municipio de Santa Isabel Cholula, Puebla este cultivo es una fuente de ingresos para pequeños y medianos productores, sin embargo, se ha reportado una alta incidencia de marchitez en las plantas de solidago, lo que ha generado preocupación entre los productores debido a las pérdidas económicas asociadas y a las limitantes que esta genera. A pesar de ello, la información científica disponible sobre los agentes responsables de esta sintomatología es escasa, lo que limita el diseño e implementación de estrategias efectivas de manejo fitosanitario.

Entre los posibles causantes de la marchitez se encuentran hongos del género *Fusarium*, ampliamente distribuidos en el suelo y conocidos por su capacidad patogénica en diversos cultivos.

Los resultados obtenidos pretenden aportar información valiosa para el diagnóstico y manejo integrado de enfermedades en este cultivo de importancia ornamental.

## **Justificación**

La marchitez es la enfermedad de mayor importancia que ataca al cultivo de solidago en la zona de Santa Isabel Cholula, Puebla, México. Debido a la poca información de enfermedades asociadas al cultivo es importante su identificación de los patógenos asociados a dichos síntomas.

## **Objetivo General**

Identificar los patógenos asociados a la marchitez del solidago.

## **Objetivos Específicos**

Identificar los hongos asociados a la marchitez de las plantas.

Identificar morfológicamente los nematodos presentes en el suelo del cultivo.

## **Hipótesis**

Al menos se identificará una especie de *Fusarium* asociada a la marchitez del solidago.

## **2.- REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Floricultura en México**

La floricultura en México tiene gran importancia en el sector agrícola mexicano, debido al alto valor de la enorme variedad de flores de corte, follaje, plantas y árboles que son comercializados a nivel nacional e internacional. En 2012, este grupo alcanzó una superficie sembrada de cerca de 20 mil hectáreas, sólo el 0.1% de la superficie del país, pero generó casi 6 mil mdp, el 1.5% del valor del sector agrícola nacional. El valor promedio por hectárea sembrada fue de cerca de 300 mil pesos, en comparación con el valor promedio del sector agrícola total, que fue de 19 mil pesos. Se estima que alrededor del 70% de la producción, distribución y consumo de flores y plantas se realiza en la zona centro del país y que los productores cuentan con superficies de 1 a 3 hectáreas, lo que limita la generación de economías de escala. El Estado de México, Puebla, Morelos y el Distrito Federal son los principales estados productores ya que concentran cerca del 87.2% de la producción en México (Gómez y Carrillo, 2014).

El Estado de México concentra el 90 por ciento de la producción de flores, y es el único con capacidad exportadora. En Estados Unidos y Canadá encuentra sus principales mercados (SIAP, 2022)

La producción de flores en 2023, generó un valor de 8,173 millones de pesos, 8.4% más que en 2022; de los cuales el Estado de México generó 6,177 millones de pesos (75.6%) (SIAP, 2024)

Se estima que la producción de solidago alcanzo en el estado de México 1,949,072 manojos en 2022 (Gobierno del Estado de México, 2023)

### **2.2. Asteráceas**

La familia Asteraceae es uno de los grupos de plantas vasculares más grande que hay; se estima que a nivel mundial existen alrededor de 1535 géneros y de 23000 a 32000 especies. Para México, se reportan alrededor de 362 géneros (Tapia, 2010).

La familia Asteraceae, comúnmente conocida como la familia del aster, la margarita o el girasol, es una familia extremadamente grande y extendida de plantas con flores dicotiledóneas, con alrededor de 32913 especies en 1911 géneros. Las plantas son en su mayoría herbáceas, con un número significativo de arbustos, enredaderas o árboles, con distribución mundial, desde las regiones polares hasta los trópicos y colonizan una amplia variedad de hábitats (Xu y Chang, 2017).

### **2.3. Solidago**

Solidago o vara de oro, es un género de plantas herbáceas perennes de la familia de las Asteráceas con hasta 120 especies y numerosos cultivares. Esta planta es originaria en su mayoría de América del Norte; sin embargo, hay algunas especies nativas de América Central, el Caribe, América del Sur y Eurasia. A menudo se encuentran en prados, praderas, bosques, matorrales y pantanos (North Carolina State University, s.f.).

Es una planta de flor muy cultivada como ornamental, principalmente para ser comercializada en calidad de follaje o flor cortada como acompañamiento en ramos de flores (SIAP. 2022).

El solidago es una planta con alta capacidad de rebrote que permite su cultivo durante varios años; sin embargo, su calidad comercial disminuye progresivamente, siendo recomendable una vida productiva de hasta tres campañas. Esta reducción en la calidad se debe al aumento de brotes finos no comerciales, especialmente después de la quinta poda. El cultivo tiene un importante enfoque hacia la exportación global y presenta buenas perspectivas en climas mediterráneos, especialmente cuando se emplean invernaderos simples con sistemas de iluminación cíclica para controlar el fotoperiodo. Aunque el solidago y el aster son cultivos distintos, comparten muchas exigencias agronómicas, con la diferencia en cuanto a sus requerimientos de luz (Romero y García, 2001).

## 2.4. Taxonomía

Esta especie es conocida comúnmente como Vara de oro o vara de oro de Canadá.

Reino: Plantae

Subreino: Traqueobionta

Superdivisión: Spermatophyta

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Asteridae

Orden: Asterales

Familia: Asteraceae

Género: *Solidago*

Especie: *canadensis* L. (FNA. 2003)

## 2.5. Morfología de la Planta de Solidago

La vara de oro canadiense *Solidago canadensis* es una planta herbácea perenne, de porte erecto y rizomatoso, que puede alcanzar alturas de hasta 1.8 metros y tiende a formar grandes colonias clonales. Sus hojas son alternas y rodean el tallo central, presentando un mayor tamaño en la parte inferior del tallo. Las flores se disponen en numerosas cabezuelas pequeñas, característica distintiva del género *Solidago* y de la familia Asteraceae (Coladonato, 1993).

### 2.5.1 Raíz

Presenta rizomas cortos a largos rastreros (FNA. 2003).

La raíz del solidago es fasciculada y abundante. Cuando la planta está bien establecida desarrolla macollos, cada uno de estos tiene raíces independientes aun cuando sigan unidas al macollo principal (Mera, 2017).

Las plantas adultas tienen un sistema radicular muy desarrollado, pero precisan de una humedad alta en el suelo, incluso en superficie. En cualquier tipo de suelo el drenaje debe estar garantizado (Romero y García, 2001).

### **2.5.2 Tallos**

Tallos de 30–150 cm erectos, glabros proximalmente, escasamente estrigos o vellosos, volviéndose más densos en la parte distal a la mitad del tallo (FNA. 2003).

Sus tallos son esbeltos y suelen llegar a alcanzar según variedades entre 60 a 100 cm de altura (figura 1) (SIAP. 2021).



*Figura 1 Altura del cultivo de solidago en Santa Isabel Cholula, Puebla.*

### **2.5.3 Hojas**

Presenta un tipo de hoja basal, caulina proximal a media que generalmente se marchita con la floración. Se estrecha hacia bases sésiles, láminas estrechamente ovado-lanceoladas, márgenes muy aserrados, 3 nervios, ápices acuminados, caras abaxiales glabras o más comúnmente pilosas a lo largo de los nervios principales, más grande cerca del tallo medio, distalmente reducido, los márgenes suelen ser aserrados o serrulados (dientes 3–8), a veces totalmente proximales a los arreglos (FNA. 2003).

Presentan hojas simples ovadas a lanceoladas; de color verde oscuro; normalmente dentadas, pecioladas; hojas caulinares superiores más estrechas; glabras por el haz y

generalmente pubescentes por el envés y se insertan directamente en el tallo (Mera, 2016).

#### **2.5.4. Inflorescencia**

Las inflorescencias forman amplias panículas piramidales con ramas recurvadas y un eje central. Las brácteas del involucreo son lineares, obtusas o algo agudas. Las flores de los radios son de color amarillo limón, femeninas y fértiles, las flores del disco son bisexuales y fértiles. La corola mide entre 2,4 y 2,8 mm de largo. Los aquenios son pubescentes, de 0,9-1,2 mm de largo, con un pappus de 2,0-2,5 mm. (Popay y Parker 2022).

Como elemento común, a este género se le reconoce fácilmente por sus inflorescencias doradas, con centenares de pequeños capítulos, algunas de ellas con aspecto de espiga y otras con racimos auxiliares. Su floración es un derroche de color amarillo que resalta muy bien entre las hojas alargadas de un color verde oscuro intenso (figura 2) (SIAP. 2021).



*Figura 2 Floración de cultivo de solidago en Santa Isabel Cholula, Puebla.*

## 2.6. Propagación

Se propaga por esquejes en algún sustrato; las plántulas se trasplantan a una densidad neta de 60 plántulas por m<sup>2</sup> en invernadero, y de 35 por m<sup>2</sup> a cielo abierto, en suelos ricos en nutrientes y húmedos. Requiere riegos diarios los primeros 20 días después del trasplante (figura 3). Deshierbe manual cada semana sin el uso de herbicidas. El corte de cultivo se realiza tres meses después del trasplante, aproximadamente (SIAP. 2021).



*Figura 3 Planta de solidago 30 días después del trasplante en Santa Isabel Cholula, Puebla.*

La vara de oro canadiense se reproduce mediante rizomas después del primer año de crecimiento. Generalmente, un tallo erecto se forma en un nudo del rizoma. Cada rizoma puede producir un solo brote desde su punta apical (Coladonato, 1993).

## 2.7. Condiciones edáficas y clima

El solidago no es muy exigente en temperatura y puede soportar cortos periodos de tiempo bajo 0 °C sin daños en la vegetación, pero su mínimo óptimo de cultivo oscila entre 6 a 8 °C. Cuando las temperaturas son más bajas, la planta retrasa su desarrollo vegetativo dando floraciones muy tardías y alargando su periodo de recolección (Romero y García, 2001).

El cultivo de solidago se desarrollará mejor en suelos con pH ácido, neutro o alcalino, pudiendo llegar a soportar terrenos pobres en nutrientes. Tolera la sequía moderada y el ambiente cálido (SIAP. 2021).

## **2.8. Ciclo Vegetativo**

El desarrollo vegetativo del solidago comienza tras la plantación o poda, y se controla mediante el fotoperiodo para evitar la floración temprana, buscando alcanzar una altura superior a 75 cm para cumplir con estándares de calidad. A las tres semanas se realiza un pinzado casi a ras del suelo, promoviendo brotaciones vigorosas que formarán la planta productiva definitiva. La floración se induce al interrumpir la iluminación artificial, aunque también ocurre de forma natural cuando los tallos superan los 60-70 cm de altura. La recolección óptima se da cuando entre un 30% y 40% de las flores están abiertas, mostrando pétalos y estambres bien desarrollados. En ese punto, se reduce el riego y la fertilización para evitar rebrotes y riesgos de pudrición radicular (Romero y García, 2001).

## **2.9. Principales Enfermedades del Cultivo De Solidago**

Pacheco (2006) menciona que se detectó al hongo *Fusarium oxysporum* atacando a una especie de solidago *S. velutina* DC. En el municipio de Arteaga Coahuila, México.

Mayalica Dalgo (2014) destaca que una de las enfermedades detectadas en solidago fue el moho blanco, causado por *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary. Este hongo produjo marchitamiento, necrosis y posteriormente la muerte de algunas plantas durante el período vegetativo. Se encontraron esclerocios en los tallos afectados y se observó podredumbre húmeda causada por agentes patógenos oportunistas. Esta es una de las adversidades más frecuentes en cultivos de solidago, causante de podredumbre de tallos y raíces.

Romero y García (2001) mencionan que las enfermedades de mayor incidencia en el cultivo de solidago son el *Oídium*, *Verticilium* y *Rhizoctonia*.

Díaz (2024) menciona que el cultivo de solidago es afectado por diversos fitopatógenos, entre los que se encuentra el hongo de la roya *Coleosporium asterum*.

## **2.10. *Fusarium oxysporum***

*Fusarium* es un género de hongos filamentosos ampliamente distribuidos en el suelo y asociados con residuos vegetales. Incluye numerosas especies patógenas de plantas, como *F. oxysporum*, *F. solani* y *F. graminearum*. Estas especies causan enfermedades graves como marchitez vasculares, pudriciones radiculares y tizones (Agrios, 2005).

*Fusarium* es uno de los grupos más importantes de hongos fitopatógenos conocidos en la agricultura y la horticultura, que causa una variedad de enfermedades en innumerables cultivos (Summerell 2019).

El hongo puede sobrevivir en el suelo como micelio o como esporas en ausencia de sus anfitriones, y si se encuentra cerca una planta hospedera, la infección puede iniciar en las raíces, en partes de la planta por encima del suelo, a través del aire o el agua (Ma *et al.*, 2013).

Mokobi (2020) menciona que *Fusarium spp* se encuentra comúnmente en el suelo y en hábitats ambientales, y muchos crecen y prosperan en regiones tropicales y templadas e incluso en regiones desérticas, alpinas y árticas con condiciones de frío extremo.

*Fusarium oxysporum* comprende más de 100 cepas específicas del hospedador (formas especiales), muchas de las cuales tienen distribución mundial. Todas las esporas que se sabe que producen *F. oxysporum*, es decir, macroconidios, microconidios y clamidosporas, están poblados por núcleos derivados mitóticamente de las hifas en las que se produjeron las esporas (Gordon 2017).

### 2.10.1. Taxonomía

Reino: Fungi

Phylum: Ascomycota

Clase: Sordariomycetes

Orden: Hypocreales

Familia: Nectriaceae

Género: *Fusarium*

Especie: *oxysporum* (EPPO, 2025)

### 2.10.2. Sintomatología

Las cepas fitopatógenas de *F. oxysporum* causan principalmente marchitez vascular, pero también se ha demostrado que causan pudrición de las raíces. Los síntomas iniciales suelen aparecer en las hojas más bajas, que son las más viejas, cuyos folíolos a un solo lado del raquis se decoloran y toman por lo general un color café, al tiempo que los del otro lado se mantienen saludables. Este síntoma característico se denomina a menudo “marchitamiento parcial” o “muerte de un solo lado”. Al final, las hojas del lado del raquis que no estaban afectadas se tornan asimismo marrones, y mueren (Elliott, 2010).

Al cortar el tejido vascular infectado (p. ej., el xilema de la madera), se puede observar que el tejido conductor se ha tornado marrón, generalmente desde el brote terminal hasta la superficie del suelo (figura 4). Los cortes transversales de los tallos basales pueden revelar anillos marrones. A veces se observan masas de tallos portadores de esporas en el tejido muerto, que pueden parecer pequeños cojines rosados (Elliott, 2010).

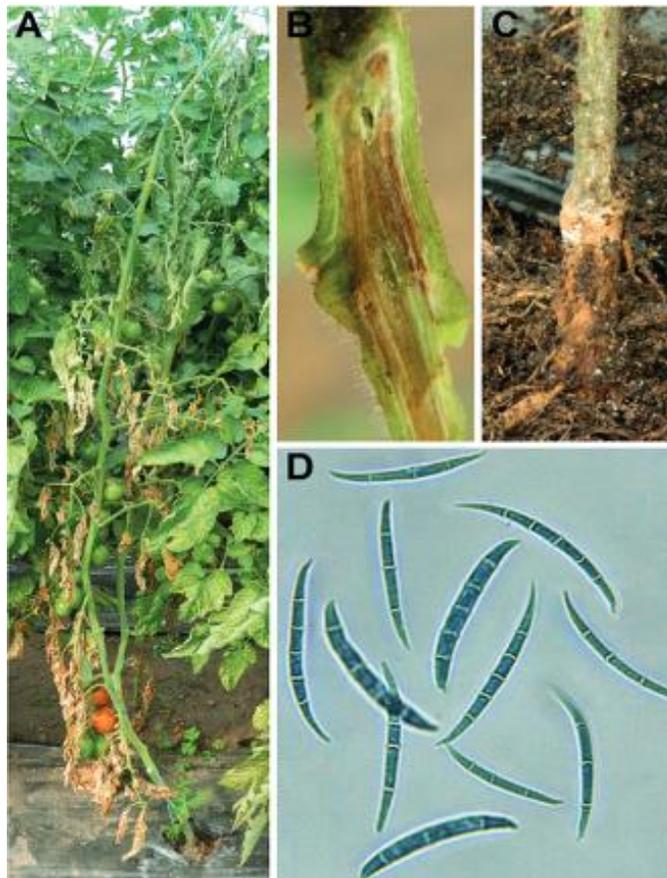


Figura 4 Síntoma del marchitamiento vascular causado por *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici* en una planta de to-mate; B. Síntoma en detalle de la obstrucción del xilema; C. Síntoma detallado de la enfermedad en la base de una planta de tomate; D. Macroconidios de *F. oxysporum f. sp. lycopersici* (Vázquez, 2017).

### 2.10.3. Epidemiología

Vázquez (2017) menciona que el hongo sobrevive en el suelo, como saprófito o en restos vegetales, donde se mantiene viable hasta 10 años. Cuando una planta sana crece en suelo infestado por el hongo, el contacto con las raíces induce la germinación de los conidios, el tubo germinativo de la espóra y el micelio penetra directamente por el ápice de las raíces o ingresa a éstas, a través de heridas o de los puntos de formación de las raíces laterales. El micelio avanza por medio del córtex de las raíces intercelularmente y cuando alcanza los vasos de la xilema entra por los extremos. El micelio permanece en los vasos y se trasloca a través de ellos, principalmente, hacia arriba, hacia el tallo y la corona de la planta.

#### **2.10.4. Ciclo de Vida**

El ciclo de vida de *Fusarium spp.* comprende tres fases: latente, parasitaria y saprófita. Durante la fase latente, el crecimiento del micelio, conidios y clamidosporas se ve inhibido por microbiostasis, activándose al contacto con exudados de la planta. En la fase parasitaria, el hongo invade las raíces y se propaga a través del xilema, produciendo microconidios y factores de virulencia que interfieren con las defensas del hospedero. Esta colonización vascular facilita la diseminación del patógeno y conduce al colapso del tejido vegetal, al bloquear la absorción y el transporte de agua y nutrientes (Castillo *et al.*, 2021).

*Fusarium oxysporum* generalmente se considera que se reproduce asexualmente, ya que nunca se ha observado un teleomorfo en la naturaleza ni se ha inducido en el laboratorio. Sin embargo, no se puede descartar por completo la posibilidad de un ciclo sexual críptico (Elliott, 2010).

#### **2.11. *Fusarium equiseti***

*Fusarium equiseti* es una especie del género *Fusarium* asociada con el marchitamiento del chile (Hami *et al.*, 2021). Se informa como un patógeno débil que afecta a los cereales y rara vez se encuentra relacionado con los granos enfermos por el tizón de la espiga causado por *Fusarium* (Goswami y Kistler, 2004).

Esta especie se encuentra comúnmente en áreas tropicales y subtropicales. Sin embargo, la patogenicidad de esta especie ha sido subestimada. La especie pertenece al complejo *F. incarnatum–F. equiseti* y es genéticamente diversa (Hami *et al.*, 2021). Son especies económicamente importantes, ya que han causado marchites vascular graves y enfermedades de pudrición de la raíz en varios cultivos, incluidas las papas (Nelson *et al.*, 1981; Bibi *et al.*, 2024)

### 2.11.1. Taxonomía

Reino: Fungi

Phylum: Ascomycota

Clase: Sordariomycetes

Orden: Hypocreales

Familia: Nectriaceae

Género: *Fusarium*

Especie: *equiseti* (EPPO, 2025)

Para esta especie no encontramos información relacionada con su ciclo de vida.

### 2.12. *Sclerotinia sclerotiorum*

*Sclerotinia sclerotiorum* Es un hongo fitopatógeno perteneciente al filo Ascomycota y a la familia Sclerotiniaceae. Es uno de los principales agentes causantes de enfermedades en varios cultivos agrícolas debido a su amplio rango de hospedantes y capacidad de sobrevivir en el suelo durante largos periodos (Lenz y Deboni, 2025).

Las características clave de *S. sclerotiorum* incluyen su extraordinaria variedad de huéspedes, preferencia por plantas dicotiledóneas, evolución relativamente lenta y producción de efectores proteicos que están activos en múltiples especies de huéspedes (Derbyshire, *et al.*, 2022).

El moho blanco se ha asociado con pérdidas sustanciales en Australia, Europa, África, India y América del Norte en una amplia variedad de huéspedes, principalmente plantas dicotiledóneas de las familias Solanaceae, Cruciferae, Umbelliferae, Asteraceae, Chenopodiaceae y Leguminosae y algunas monocotiledóneas de las familias Amaryllidaceae y Liliaceae. Los cultivos comerciales más importantes afectados son la canola, la soja, las judías verdes, las lechugas y las zanahorias (Dumonceaux, *et al.*, 2022).

### **2.12.1 Taxonomía**

Reino: Fungi

Phylum: Ascomycota

Clase: Leotiomycetes

Orden: Helotiales

Familia: Sclerotiniaceae

Género: *Sclerotinia*

Especie: *sclerotiorum* (EPPO, 2025)

### **2.12.2. Sintomatología**

Este patógeno libera ácido oxálico y enzimas que generan lesiones húmedas, con márgenes bien definidos. Conforme progresa la enfermedad, aparecen síntomas secundarios como marchitez, blanqueamiento y descomposición de tallos, hojas, pecíolos y órganos reproductivos. En etapas avanzadas, el micelio se compacta formando estructuras similares a guisantes que maduran en esclerocios negros duros, visibles en la superficie o dentro del tejido vegetal (Heffer y Johnson, 2007).

### **2.12.3. Epidemiología**

El enorme potencial reproductivo y la capacidad de supervivencia a largo plazo hacen que los esclerocios sean componentes clave en la epidemiología de las enfermedades causadas por *Sclerotinia sclerotiorum*. Estos pueden germinar de forma carpogénica o miceliogénica, según las condiciones ambientales, dando lugar a dos tipos distintos de enfermedades. La germinación miceliogénica produce hifas que invaden directamente los tejidos vegetales, mientras que la germinación carpogénica da lugar a apotecios, los cuales liberan ascosporas que infectan las partes aéreas de las plantas hospederas. Las hifas originadas por ambos tipos de germinación son hialinas, septadas, ramificadas y multinucleadas, con un micelio que presenta una coloración que va del blanco al tostado, tanto en cultivo como en tejido vegetal (Bolton, 2006).

#### **2.12.4. Ciclo de Vida**

El ciclo de vida de *S. sclerotiorum* es monocíclico, ya que solo se produce un ciclo de inóculo (ascosporas). No se produce inóculo secundario ni esporas asexuales (conidios). *S. sclerotiorum* ha desarrollado varias estrategias fisiológicas y de desarrollo para su dispersión, propagación y supervivencia. El hongo puede actuar como patógeno aéreo y subterráneo utilizando esclerocios, que generalmente son resistentes a la degradación física, química y biológica. Los esclerocios son estructuras que hibernan y que se pueden encontrar dentro o fuera de la planta afectada, principalmente en restos vegetales. El hongo penetra la cutícula del huésped mediante presión mecánica. Un proceso enzimático afecta la lámina entre las células, lo que desorganiza los tejidos rápidamente después de la penetración (Dumonceaux, *et al.*, 2022).

#### **2.13. *Verticillium spp***

El género *Verticillium* abarca un grupo cosmopolita de hongos ascomicetos, que incluye varias especies fitopatógenas que causan marchitez vascular en las plantas. Las dos especies más conocidas son *V. dahliae* y *V. alboatrum*, que causan miles de millones de dólares en pérdidas anuales de cultivos en todo el mundo. Las pérdidas de rendimiento en los cultivos de papa pueden alcanzar el 50%, pero son más comunes en el rango del 10% al 15% mientras que, en la lechuga, las pérdidas pueden alcanzar fácilmente el 100%. El hábitat edáfico de estas especies, la capacidad de sus estructuras de supervivencia para persistir durante años y su capacidad para infectar una asombrosa variedad de hospedadores las convierten en problemas económicos crónicos en la producción agrícola (Klosterman, *et al.*, 2009).

##### **2.13.1. Taxonomía**

Reino: Fungi

Phylum: Ascomycota

Clase: Sordariomycetes

Orden: Glomerellales

Familia: Plectosphaerellaceae

Género: *Verticillium*

Especie: *dahliae* (EPPO, 2025)

### **2.13.2. Sintomatología**

Los síntomas típicos de *Verticillium dahliae* en cultivares de tomate susceptibles comienzan en las hojas inferiores, presentando clorosis y lesiones necróticas en forma de “V” en los márgenes foliares, acompañadas por halos amarillos. Estas lesiones se expanden, provocando el pardeamiento o purpura de las venas y la muerte progresiva de las hojas. El patógeno se disemina acropetalmente a través del tejido vascular, lo que da lugar a una decoloración marrón visible al cortar el tallo, y continúa su ciclo mediante la producción de conidios, lo que conlleva a la marchitez de ramas o de toda la planta (Acharya *et al.*, 2022).

Fradin y Thomma (2006) mencionan que es difícil diagnosticar la enfermedad basándose en la expresión de los síntomas, especialmente porque varias especies de *Fusarium* causan síntomas similares.

### **2.13.3. Epidemiología**

El marchitamiento por *Verticillium* se favorece en suelos húmedos y temperaturas de 21 a 27 °C. Los microesclerocios germinan al detectar exudados de raíces, ya sean de plantas hospederas o no. El hongo penetra por la región de elongación de la raíz, coloniza la corteza y luego invade el xilema, donde forma conidios. Estos se dispersan con el flujo de agua, obstruyendo el sistema vascular y provocando marchitamiento y clorosis foliar. Al morir la planta, el hongo produce microesclerocios que quedan en el suelo, donde puede sobrevivir por años en estado latente o en tejidos de plantas perennes (Berlanger y Powelson, 2005).

Los microesclerocios liberados al suelo por la descomposición de los restos de cosecha le permiten sobrevivir en él por varios años. El patógeno también se puede propagar por conidios adheridos a la semilla. Las especies de *Verticillium* se reproducen sólo asexualmente, no se conoce ningún estado sexual (Usami *et al.*, 2009).

#### **2.13.4. Ciclo de vida**

El ciclo de vida puede dividirse en una fase latente, una parasitaria y una saprofita. En la fase latente, la germinación de las estructuras fúngicas en reposo presentes en el suelo se inhibe mediante la microbiostasis o micostasis. Las especies entran en su etapa parasitaria infectando plantas susceptibles, ya sea en la punta de la raíz o en los sitios de formación de raíces laterales. Durante la necrosis tisular o senescencia de la planta, el hongo entra en una etapa saprofita. En esta etapa *V.spp* produce sus conidios en tejidos vegetales infectados que pueden ser dispersados por corrientes de aire e iniciar otro ciclo de enfermedad (Fradin y Thomma, 2006).

#### **2.14. Nematodos**

Los nematodos fitoparásitos presentan una amplia variedad de interacciones con sus hospedadores. Todos poseen estiletes huecos y protuberantes, o lanzas bucales, que utilizan para penetrar las células y permitir la alimentación y, en el caso de las formas endoparásitas, la entrada al hospedador. Algunos nematodos son ectoparásitos migratorios que nunca penetran al hospedador, sino que simplemente migran a través del suelo, utilizando las raíces como fuente de alimento efímera al encontrarlas. Los endoparásitos migratorios entran al hospedador y migran a través de sus tejidos, causando daños extensos. Los nematodos semiendoparásitos pueden tener etapas migratorias, pero también penetran parcialmente en la planta hospedadora para alimentarse en una etapa de su ciclo de vida (Jones *et al.*, 2013).

En el entorno edáfico, existen oportunidades para la interacción entre patógenos transmitidos por el suelo y plagas de plantas cuando ocupan el mismo nicho ecológico. Si bien puede existir antagonismo entre ellos en su competencia por espacio y

recursos, también es posible que se produzcan interacciones sinérgicas que causen mayores daños a las plantas, incluyendo los cultivos. Por ejemplo, en la rizosfera, los ataques de nematodos pueden reducir la resistencia de las plantas a los patógenos y aumentar su susceptibilidad a las infecciones por hongos patógenos transmitidos por el suelo. En estas situaciones, el estado fisiológico de los tres agentes que interactúan desempeña un papel fundamental en el resultado de estas interacciones tripartitas (Zhang, *et al.*, 2020).

*Pratylenchus sp.*, conocido como el nematodo de las lesiones, puede causar daños significativos en plantas jóvenes cuando alcanza altos niveles poblacionales, provocando retraso en el crecimiento, deficiencias en la absorción de nutrientes y agua, y eventualmente la muerte progresiva de ramas, fenómeno conocido como "muerte regresiva". Este nematodo se identifica mediante observación microscópica tras su extracción de suelo o tejidos vegetales infectados, principalmente raíces. Los síntomas iniciales suelen pasar desapercibidos, ya que además de su carácter microscópico, los daños en los brotes jóvenes de las raíces pueden confundirse con los causados por otras tensiones radiculares. (Davis y MacGuidwin, 2000).

MacGuidwin (2014) menciona que los nematodos de las lesiones radiculares del género *Pratylenchus* se destacan como el tercer grupo que causa mayores pérdidas económicas en numerosos cultivos a nivel mundial, solo por detrás de los nematodos agalladores y los formadores de quistes. Este impacto se atribuye no solo a su amplia gama de hospederos (más de 400 especies de plantas cultivadas) sino también a su presencia en casi todos los ambientes de clima templado y tropical. Estos endoparásitos migratorios se alojan en una gran variedad de plantas hospederas, como banano, cereales, café, maíz, leguminosas, cacahuate y diversos tipos de frutas. Además, presentan una extensa distribución global, habiéndose registrado incluso en suelos de la Antártida.

Los nematodos anulares del género *Criconema* Hofmänner y Menzel, 1914. comprenden el género más grande dentro de la familia Criconematidae, con más de 100 especies nominales caracterizadas principalmente por anillos corporales lisos, pero sin apéndices en las hembras y estilete robusto (Archidona *et al.*, 2023).

Varias especies de nematodos del género *Criconea* son de importancia económica y causan daños a las raíces de varios cultivos. Un claro ejemplo son los importantes daños que se pueden observar en *Prunus* cuando las densidades de población de nematodos son altas (es decir, 50 especímenes/g de suelo en plantaciones de durazno) (Archidona *et al.*, 2023).

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

La presente investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Fitopatología, en el Departamento de Parasitología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, localizada en Buenavista, Saltillo, Coahuila de Zaragoza, durante el año 2024 y 2025.

#### **3.1. Obtención de la Muestra**

La obtención del material vegetal fue realizada en un predio ubicado en el municipio de Santa Isabel Cholula, Puebla, ubicado en las coordenadas: 18°59'06.2"N 98°22'37.5"W y a una altitud de 2,120 m.s.n.m.

La obtención de las muestras se realizó mediante un muestreo dirigido, colectando plantas con síntomas característicos de la enfermedad, procurando la recolección de suelo también, se empaquetaron en bolsas plásticas de primer uso, se colocaron en una caja de unicel y fueron trasladadas al Laboratorio de Fitopatología, en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en donde se colocaron en refrigeración.

#### **3.2. Procesamiento de las Muestras**

Las muestras fueron tomadas y seleccionadas de acuerdo con el grado de síntomas presentes. Se desprendió el suelo completamente de las raíces y se realizó la limpieza del material vegetal lavando a chorro directo de agua para quitar toda partícula de suelo e impurezas que pudieran tener. En este punto también se realizó una revisión minuciosa al suelo y raíces para descartar presencia de larvas que pudiesen estar afectando también a las plantas.

#### **3.3. Aislamiento y Purificación**

Con el material limpio y con ayuda de un bisturí estéril se realizaron cortes de 0.5 a 1 cm de las raíces donde se evidenciaban síntomas de la enfermedad.

Se realizó la desinfección del material vegetal con hipoclorito de sodio al 3% por 1 min. Posteriormente se realizó un doble lavado con agua destilada estéril y se colocó en papel de estraza estéril resguardándose durante ocho horas en la campana de flujo laminar. Posteriormente se desinfectó la campana de flujo luminar y con ayuda de pinzas de disección esterilizadas en el mechero se realizó la siembra del material vegetal en cajas Petri con medio de cultivo Papa Dextrosa Agar (PDA) y fueron incubados a temperatura constante de 28°C para favorecer su crecimiento y desarrollo.

La técnica de purificación usada fue mediante punta de hifa, en donde se tomó una porción de micelio al borde de la colonia, que se colocó en el centro de cajas Petri con medio de cultivo PDA para posteriormente ser incubadas.

### **3.4. Identificación Morfológica y Molecular**

Se realizaron preparaciones de cada una de las cepas purificadas en un portaobjetos con una gota de lactofenol colocando una muestra del micelio para su observación al microscopio e identificación morfológica con las claves morfológicas de Barnert y Hunter (1998).

Para la identificación molecular fueron incrementadas dos cepas previamente purificadas e identificadas morfológicamente. Se incrementaron en medio de cultivo Papa Dextrosa Agar (PDA) durante 48 horas en incubadora. Posteriormente, se enviaron al Laboratorio Nacional de Biotecnología Agrícola, Médica y Ambiental (LANBAMA) del Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica (IPICYT), ubicado en San Luis Potosí, para su análisis molecular. La identificación se realizó mediante secuenciación de ADN utilizando el método de terminación por didesoxinucleótidos (técnica Sanger), empleando secuenciadores automáticos. Las secuencias obtenidas fueron analizadas mediante la herramienta BLAST del NCBI, comparándolas con la base de datos GenBank para confirmar la identidad de las especies

### **3.5. Preparación del Material Vegetal para Pruebas de Patogenicidad**

Se obtuvieron plántulas sanas de la planta de solidago y fueron enviadas a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, para ser establecidas en el invernadero de Parasitología.

Las plántulas se colocaron en macetas en sustrato peat moss más perlita en una relación 3:1 y se inició fertirrigación según requerimientos para este cultivo obtenidos de los apuntes de la materia de Olericultura.

### **3.6. Incremento del Inóculo**

El incremento del inóculo se realizó a través de la técnica punta de hifa, en donde se tomaron porciones de micelio de las cepas seleccionadas, se colocaron en cuatro cajas Petri con medio PDA y se incubaron a temperatura constante de 28° C para favorecer su desarrollo.

### **3.7. Preparación de la Solución**

Se esterilizaron matraces con 200 ml con agua destilada. Se usó una licuadora limpia y desinfectada con ayuda de alcohol al 70%. La solución se preparó realizando el raspado de micelio de una de las cajas con el incremento del inóculo, colocándolo en la licuadora junto con los 200 ml de agua destilada estéril, se procedió a licuar hasta obtener una solución homogénea y basándonos en la escala de McFarland, se buscó obtener la concentración de  $1 \times 10^8$ . Esta concentración se logró añadiendo poco a poco el raspado de los incrementos.

### **3.8. Inoculación del Material Vegetal**

Se realizó la inoculación de las plántulas establecidas en el invernadero y la inoculación de hojas de la planta de solidago en el Laboratorio Fitopatología como prueba rápida de patogenicidad.

Fueron usados 4 tratamientos, con 8 repeticiones en donde fueron inoculadas cada planta con 3ml de la solución en la base de la raíz.

- Tratamiento 1: *Fusarium sp* colonia blanca.

- Tratamiento 2: *Fusarium sp* colonia purpura.
- Tratamiento 3: Mezcla de los 7 hongos.
- Tratamiento 4: Testigo Agua destilada estéril.

Para la prueba rápida de patogenicidad se usaron los mismos tratamientos más una mezcla del tratamiento 1 y el tratamiento 2. En una caja pastelera desinfectada se llevo a cabo la cámara húmeda, en donde se colocó papel de estraza estéril que se humedeció agua destilada estéril. Se colocaron 6 hojas de la planta de solidago en dicha caja, esto para cada uno de los tratamientos. El tejido se inoculó con 100 microlitros de la solución la cual estaba a una concentración de  $1 \times 10^8$  ufc por ml de acuerdo a la escala de McFarland. Se colocaron a temperatura ambiente y se regaron dos veces al día hasta que aparecieron los síntomas.

### **3.9. Re aislamiento de los Hongos Inoculados**

Se realizó la desinfección del material vegetal con hipoclorito de sodio al 3% por 1 min. Posteriormente se realizó un doble lavado con agua destilada estéril y se colocó en papel de estraza estéril resguardándose durante ocho horas en la campana de flujo laminar. Pasado este tiempo se desinfecto la campana de flujo luminar y con ayuda de pinzas de disección esterilizadas en el mechero se realizó la siembra del material vegetal en cajas Petri con medio de cultivo Papa Dextrosa Agar (PDA) y fueron incubados a temperatura constante de 28°C para favorecer su crecimiento y desarrollo.

La técnica de purificación usada fue mediante punta de hifa el que se colocó en el centro de cajas Petri con medio de cultivo PDA para posteriormente ser incubadas.

Se realizaron preparaciones de cada una de las cepas purificadas en un portaobjetos con una gota de lactofenol colocando una muestra del micelio para su observación al microscopio e identificación morfológica con las claves morfológicas de Barnett y Hunter (1998).

### **3.9. Extracción de Nematodos Fitopatógenos**

La obtención de la muestra se obtuvo del mismo predio donde se colecto el material vegetal. Del mismo modo se realizó un muestreo dirigido sobre las plantas que

mostrarán síntomas de la enfermedad. Se colectó suelo a 30 cm de profundidad, en 5 puntos diferentes, se colocaron en un recipiente para ser homogenizado y se pesó un kilo de esta muestra. El suelo fue colocado en una bolsa plástica y se trasladó en una hielera al Laboratorio de Fitopatología en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro donde se mantuvo en refrigeración.

La extracción de nematodos del suelo se realizó mediante la metodología de tamizado-centrifugado. Se procesó una muestra de 250 gr de suelo, colocándola en una cubeta con 1 L de agua. La suspensión de agua con suelo se agitó hasta disolver grumos y terrones, se dejó reposar 30 segundos y luego se pasó por un tamiz de 20 mallas. El residuo se tamizó sucesivamente a través de los tamices de 60, 100, 200, 325 y 500 mallas. Las fracciones retenidas en los tamices de 325 y 500 mallas se transfirieron a tubos de centrifuga, se añadieron 1 g de caolín y se mezcló bien. Posteriormente, la muestra se centrifugó por 5 minutos a 2500 RPM y se decantó. El precipitado (caolín con nematodos) se mezcló con solución de sacarosa y se agitó para homogeneizar y se centrifugó por 3 minutos a 2500 RPM. Finalmente, el sobrenadante se pasó a través de un tamiz de 500 mallas, lavando con abundante agua y obteniendo una muestra de 20 ml, la cual se analizó en el microscopio estereoscópico para confirmar la presencia de nematodos y realizar el conteo de los mismos.

### **3.10. Conteo de Nematodos**

Bajo un microscopio estereoscopio se realizó el conteo de nematodos presentes. Se utilizaron 5 ml de la solución extraída del tamizaje, esto se realizó sobre en una cámara cuadrículada y con ayuda de un contador para realizar mejor el conteo.

El número total de nematodos contados en 100 g de suelo, se obtuvo con la siguiente fórmula:

$$N = \left( \frac{V2}{V1} \times N1 \right) \times \frac{100}{W} = \text{nematodos en 100 g de suelo}$$

Donde:

N1 = Número de nematodos contados en el v1

V1= Volumen (ml) de la suspensión obtenida del V2

V2= Volumen (ml) de la suspensión final obtenida de la extracción

W= Peso de la muestra analizada

### **3.11. Identificación de Nematodos de Suelo**

Para la identificación se realizaron preparaciones sobre portaobjeto, usando una gota de solución de Robbins y con ayuda de un pescador se fueron colocando los nematodos uno por uno sobre esta gota, se cubrió con cubreobjeto y se procedió a observar en microscopio.

La identificación de los nematodos filiformes se realizó con ayuda de diversas claves taxonómicas y literatura con imágenes (Mai *et al.*, 1996; Cepeda, 1996)

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el análisis de la muestra no se detectaron la presencia de larvas de insectos.

Del material vegetal sembrado se aislaron 17 colonias fúngicas con características morfológicas distintas, como coloración, textura del micelio y pigmentación del medio de cultivo (figura 5)



Figura 5 Colonias de *Fusarium* aisladas del cultivo de solidago

De las preparaciones observadas en el microscopio se observaron hifas septadas hialinas con la presencia de macroconidias y microconidias, que coincide con lo descrito por Barnett y Hunter (1998) para el género *Fusarium*.

De acuerdo con Barnett y Hunter (1998), *Fusarium* presenta un micelio extenso y algodonoso, con matices rosados, púrpuras o amarillos. Sus conidióforos son variables, pudiendo ser delgados y simples o robustos, ramificados o con verticilos de fiálides, individuales o agrupados en esporodoquios. Los conidios, hialinos y principalmente de dos tipos, se presentan en pequeñas cabezuelas húmedas e incluyen macroconidios pluricelulares, curvados y en forma de canoa, y microconidios

unicelulares, ovoides u oblongos, solos o en cadenas, así como algunos conidios intermedios bicelulares o tricelulares.

Leslie y Summerell (2006) mencionan que es común recuperar más de una especie de *Fusarium* a partir de piezas individuales de material vegetal enfermo, pero algunas especies pueden ser patógenas, mientras que otras son saprófitas o endófitas que pueden tener un papel como patógenos secundarios o que pueden no tener ningún papel en el proceso de la enfermedad.

Para la identificación de las especies se usaron las claves taxonómicas de Leslie y Summerell (2006) en donde se determinó en base a la caracterización morfológica que pertenecían a las especies *Fusarium equiseti* y *Fusarium oxysporum*.

*F. equiseti* mostró un crecimiento más lento y pigmentación anaranjada o salmón en el reverso del cultivo con micelio blanco algodonoso. Sus macroconidios se caracterizaron por una curvatura más pronunciada, con extremos agudos y una célula basal prominente. Los microconidios fueron escasos y no se observaron clamidosporas.

*F. oxysporum* presentó colonias de crecimiento rápido en medio PDA, con micelio blanco a violáceo, denso y algodonoso y una coloración violácea o purpura en el reverso del medio. Morfológicamente, sus macroconidios fueron falcados, ligeramente curvados, con tres a cinco septos y una célula basal en forma de pie. Esto coincide con lo que menciona Leslie y Summerell (2006).

Bibi *et al.*, (2024) menciona que el patógeno causante del marchitamiento en las papas recolectadas en toda la principal región productora de papa de Pakistán se aisló, caracterizó y luego confirmó como *F. oxysporum* y *F. equiseti* sobre la base de descripciones morfológicas y secuenciación de *ITS* y *TEF*. Se identificaron seis especies de *Fusarium* entre los aislados en este estudio. *Fusarium oxysporum* y *F. equiseti* fueron predominantes en todas las muestras de hojas de papa marchitas. Los hallazgos de Bibi *et al.* refuerzan la idea de que *Fusarium oxysporum* y *Fusarium equiseti* no solo pueden coexistir en plantas enfermas, sino también participar conjuntamente en el marchitamiento en papa, esto coincide con los resultados de esta

investigación y fortalece la hipótesis de que *F. oxysporum* y *F. equiseti* son los agentes causales del marchitamiento observado en solidago.

Los resultados moleculares confirmaron la identificación morfológica preliminar, validando la presencia de *Fusarium oxysporum* y *Fusarium equiseti* como los principales agentes asociados a la sintomatología de marchitez observada en campo. Esta confirmación por secuenciación proporciona evidencia robusta sobre la etiología del problema fitosanitario en el cultivo de solidago.

Las secuencias obtenidas fueron analizadas mediante la herramienta BLAST (Basic Local Alignment Search Tool) del NCBI, comparando los fragmentos amplificados con las bases de datos genéticas disponibles (figura 6 y 7).

Description	Scientific Name	Max Score	Total Score	Query Cover	E value	Per. Ident	Acc. Len	Accession
<a href="#">Fusarium oxysporum isolate R24 small subunit ribosomal RNA gene, partial sequence, internal transcribed spacer ...</a>	<a href="#">Fusarium oxyspo...</a>	876	876	100%	0.0	100.00%	542	<a href="#">MT420651.1</a>
<a href="#">Fusarium oxysporum isolate R29 small subunit ribosomal RNA gene, partial sequence, internal transcribed spacer ...</a>	<a href="#">Fusarium oxyspo...</a>	876	876	100%	0.0	100.00%	544	<a href="#">MT420627.1</a>
<a href="#">Fusarium oxysporum isolate R25 small subunit ribosomal RNA gene, partial sequence, internal transcribed spacer ...</a>	<a href="#">Fusarium oxyspo...</a>	876	876	100%	0.0	100.00%	542	<a href="#">MT420624.1</a>
<a href="#">Fusarium sp. voucher HQU PR06 small subunit ribosomal RNA gene, partial sequence, internal transcribed space ...</a>	<a href="#">Fusarium sp.</a>	876	876	100%	0.0	100.00%	547	<a href="#">MK640560.1</a>
<a href="#">Fusarium oxysporum clone SS-2 small subunit ribosomal RNA gene, partial sequence, internal transcribed spacer ...</a>	<a href="#">Fusarium oxyspo...</a>	876	876	100%	0.0	100.00%	546	<a href="#">MK249867.1</a>
<a href="#">Fusarium oxysporum f. sp. cicaris small subunit ribosomal RNA gene, partial sequence, internal transcribed space ...</a>	<a href="#">Fusarium oxyspo...</a>	876	876	100%	0.0	100.00%	545	<a href="#">MK074845.1</a>
<a href="#">Fusarium oxysporum isolate AM7 small subunit ribosomal RNA gene, partial sequence, internal transcribed spacer ...</a>	<a href="#">Fusarium oxyspo...</a>	876	876	100%	0.0	100.00%	515	<a href="#">MN560044.1</a>
<a href="#">Fusarium oxysporum strain RSF-2018.5.16-#2 small subunit ribosomal RNA gene, partial sequence, internal trans ...</a>	<a href="#">Fusarium oxyspo...</a>	876	876	100%	0.0	100.00%	544	<a href="#">MK463988.1</a>
<a href="#">Fusarium oxysporum f. sp. cubense isolate Aluva - Ernakulam EKM 3 small subunit ribosomal RNA gene, partial s ...</a>	<a href="#">Fusarium oxyspo...</a>	876	876	100%	0.0	100.00%	540	<a href="#">MN527256.1</a>
<a href="#">Fusarium oxysporum isolate FO7308 small subunit ribosomal RNA gene, partial sequence, internal transcribed sp ...</a>	<a href="#">Fusarium oxyspo...</a>	876	876	100%	0.0	100.00%	480	<a href="#">MH569464.1</a>

Figura 6 Resultados del BLAST: *Fusarium oxysporum*

Description	Scientific Name	Max Score	Total Score	Query Cover	E value	Per. Ident	Acc. Len	Accession
<a href="#">Fungal sp. isolate Ach r1 small subunit ribosomal RNA gene, partial sequence, internal transcribed spacer 1, 5.8S...</a>	<a href="#">fungal sp.</a>	870	870	100%	0.0	100.00%	538	<a href="#">MN722428.1</a>
<a href="#">Fusarium sp. isolate SCUA-Nem-B3 small subunit ribosomal RNA gene, partial sequence, internal transcribed spa...</a>	<a href="#">Fusarium sp.</a>	870	870	100%	0.0	100.00%	498	<a href="#">MNG33380.1</a>
<a href="#">Fusarium sp. isolate SCUA-Agh-23 small subunit ribosomal RNA gene, partial sequence, internal transcribed spa...</a>	<a href="#">Fusarium sp.</a>	870	870	100%	0.0	100.00%	504	<a href="#">MN519567.1</a>
<a href="#">Fusarium equiseti isolate SHZ.Fe 1 small subunit ribosomal RNA gene, partial sequence, internal transcribed spa...</a>	<a href="#">Fusarium equiseti</a>	870	870	100%	0.0	100.00%	548	<a href="#">MK780235.1</a>
<a href="#">Fusarium equiseti isolate P3B small subunit ribosomal RNA gene, partial sequence, internal transcribed spacer 1 ...</a>	<a href="#">Fusarium equiseti</a>	870	870	100%	0.0	100.00%	481	<a href="#">MK571264.1</a>
<a href="#">Fusarium equiseti isolate LQ144 small subunit ribosomal RNA gene, partial sequence, internal transcribed spacer ...</a>	<a href="#">Fusarium equiseti</a>	870	870	100%	0.0	100.00%	548	<a href="#">MK168567.1</a>
<a href="#">Fusarium equiseti isolate B27 small subunit ribosomal RNA gene, partial sequence, internal transcribed spacer 1, ...</a>	<a href="#">Fusarium equiseti</a>	870	870	100%	0.0	100.00%	545	<a href="#">PQ037764.1</a>
<a href="#">Fusarium equiseti isolate 1357 small subunit ribosomal RNA gene, partial sequence, internal transcribed spacer 1 ...</a>	<a href="#">Fusarium equiseti</a>	870	870	100%	0.0	100.00%	535	<a href="#">PP939866.1</a>
<a href="#">Fusarium equiseti isolate 1247 small subunit ribosomal RNA gene, partial sequence, internal transcribed spacer 1 ...</a>	<a href="#">Fusarium equiseti</a>	870	870	100%	0.0	100.00%	546	<a href="#">PP939865.1</a>
<a href="#">Fusarium equiseti isolate 32 small subunit ribosomal RNA gene, partial sequence, internal transcribed spacer 1, 5...</a>	<a href="#">Fusarium equiseti</a>	870	870	100%	0.0	100.00%	549	<a href="#">KY318493.1</a>

Figura 7 Resultados del BLAST: *Fusarium equiseti*

En condiciones de invernadero, las plantas tratadas no presentaron síntomas externos evidentes, No obstante, en las pruebas rápidas de patogenicidad realizadas sobre

tejido foliar en cámara húmeda, los primeros signos de infección se manifestaron a los seis días después de la inoculación, con una mayor expresión de estos a los nueve días después de la inoculación (Figura 8). El tratamiento testigo no presentó desarrollo micelial. En contraste, el tratamiento con *Fusarium equiseti* mostró un crecimiento micelial abundante sobre las hojas, siendo este el más destacado entre todos los tratamientos. La inoculación con *Fusarium oxysporum* generó un micelio menos denso en comparación con *F. equiseti*, con una coloración grisácea característica. Los tratamientos restantes exhibieron un patrón de colonización micelial similar al observado en el tratamiento con *F. oxysporum*.

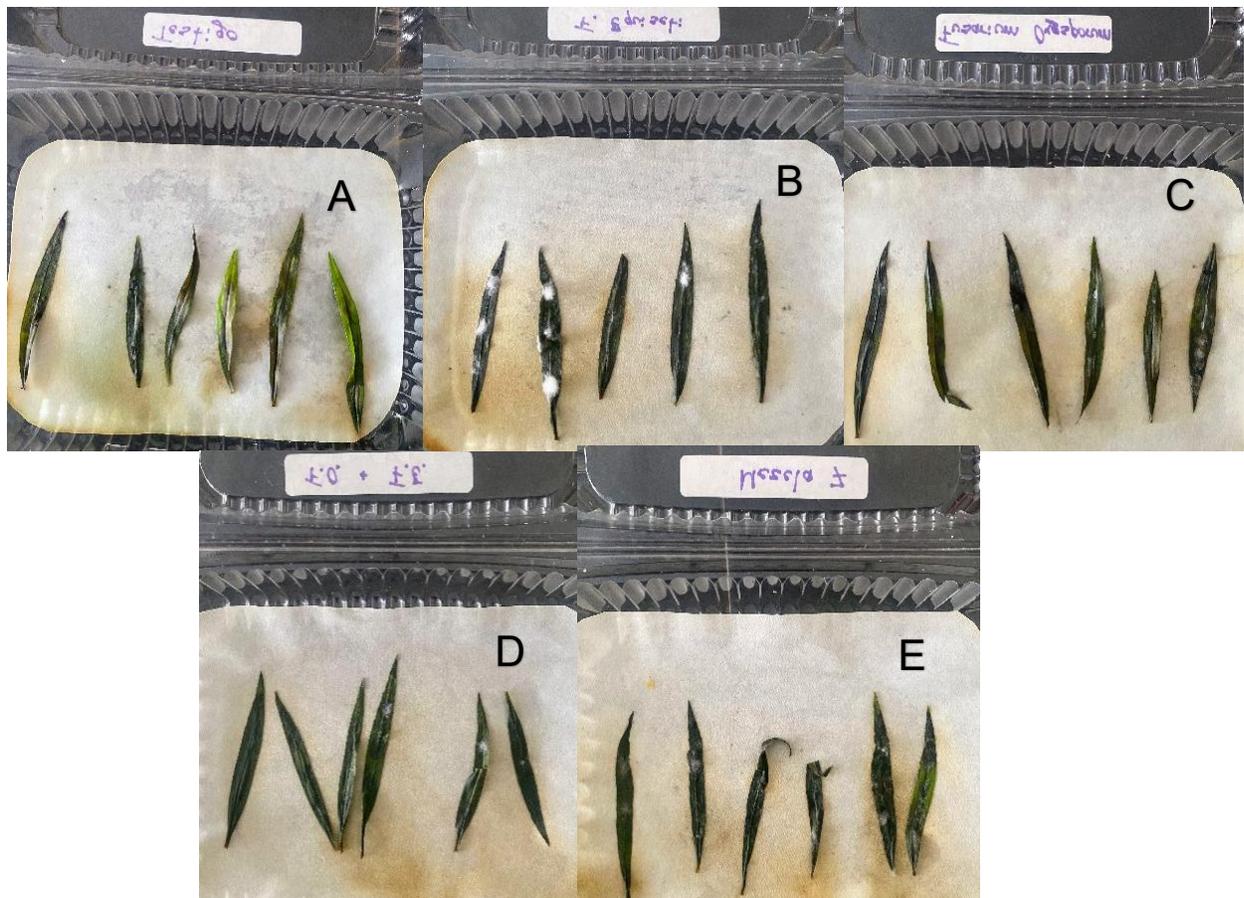


Figura 8 A: Testigo., B: *Fusarium equiseti*., C: *Fusarium oxysporum*., D: Mezcla de 7 colonias., E: Mezcla de *F. oxysporum* y *F. equiseti*. Nueve días después de establecido el ensayo

#### 4.1. Corroboración de la Especie.

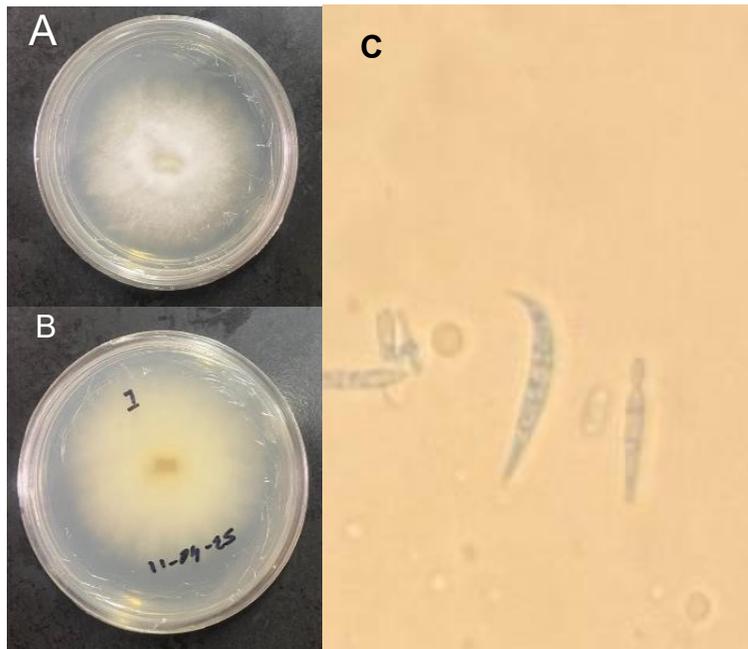


Figura 9 A-B: Anverso y reverso de colonia de *Fusarium equiseti* aislado de solidago. C: Macroconidia de *F. equiseti*

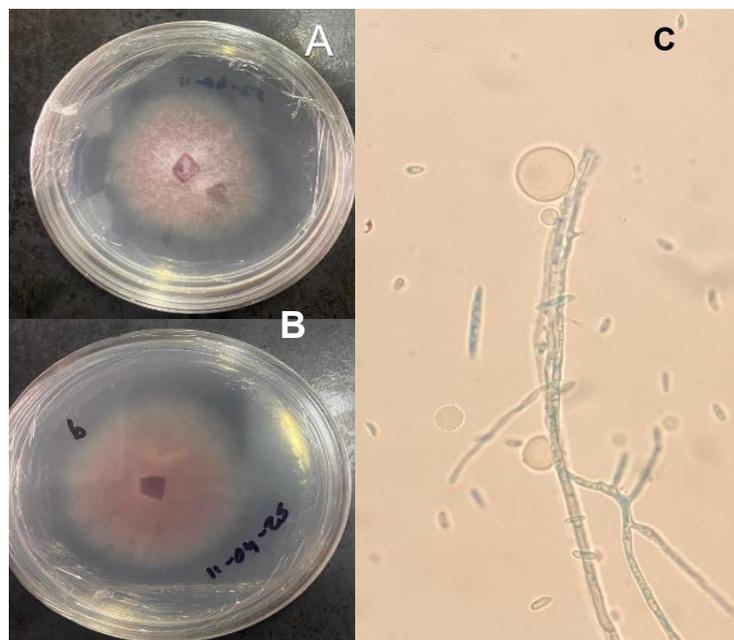


Figura 10 A-B: Anverso y reverso de colonia de *Fusarium oxysporum* aislado de solidago. C: Macroconidia de *F. oxysporum*.

Las colonias recuperadas mostraron similitud en el crecimiento micelial y en la morfología de sus estructuras en comparación con las colonias aisladas inicialmente del cultivo de solidago (figura 11 y figura 12).

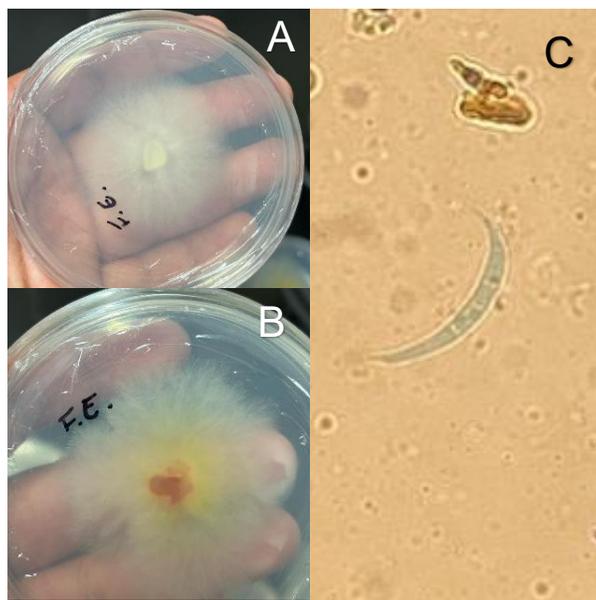


Figura 11 A-B: Anverso y reverso de colonia re aislada de *Fusarium equiseti*. C: Macroconidia de *F. equiseti*

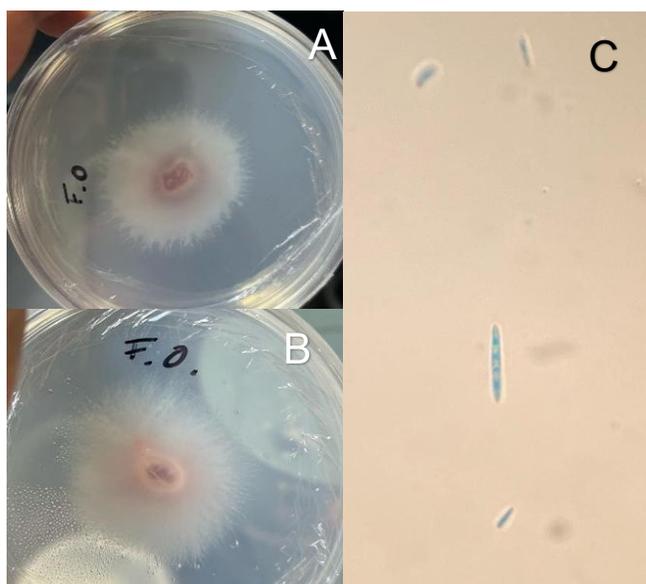


Figura 12 A-B: Anverso y reverso de colonia re aislada de *Fusarium oxysporum*. C: Macroconidia de *F. equiseti*

La investigación de Romero *et al.* (2022) muestra que, tras 11 días de incubación, el hongo *Fusarium equiseti* tiñó el medio PDA de un color marrón anaranjado, observable

en el fondo de la placa de Petri, mientras que en la superficie se desarrolló un micelio blanco con crecimiento radial. Las características microscópicas revelaron hifas hialinas y septadas, macroconidios falcados con cinco septos, de curvatura arqueada en la zona ventral y arcos dorsales que presentaban una célula basal prominente en forma de pie y una terminación apical filamentosa. Estos resultados concuerdan con lo observado en el presente estudio, en el cual la colonia de *Fusarium equiseti* reaislada de hojas de solidago presentó características similares en la morfología de las macroconidias y en el medio de cultivo.

Goswami y Kistler (2004) mencionan en su investigación que la capacidad de *F. equiseti* para colonizar las semillas y eventualmente, causar podredumbre pre y postemergente, pudrición radicular y pudrición del hipocótilo, lo convierte en un patógeno bien adaptado a muchos sistemas de cultivo.

Bibi *et al.*, (2024) destaca que, si comparamos todos los estudios de marchitez, *F. oxysporum* es el patógeno que más se identificó. Sin embargo, han determinado que *F. equiseti* también puede causar marchitez en las papas y se puede encontrar con alta frecuencia en los campos de papa en Pakistán. En el presente estudio, la presencia de *F. equiseti* en plantas de solidago con síntomas de marchitez refuerza su papel potencial como patógeno primario en este cultivo ornamental.

#### **4.2. Conteo e Identificación de Nematodos Presentes**

Se contaron 427 nematodos filiformes en 100 g de suelo, de los cuales el más abundante fue el nematodo lesionador *Pratylenchus* sp. (Figura 13) con 38% del total, seguido por *Criconea* sp. (figura 14) el 30%. El nematodo de vida libre *Rhabditis* sp. (figura 15) se encontró con un 19% de presencia, *Tylencho3rinchus* sp. (figura 16) con el 7%. *Aphelenchus* sp. (figura 17) fue el que se presentó en menor número con un 6% del total.

Jones *et al.* (2013) destaca que la infección generada por el nematodo *Pratylenchus*, produce una reducción del crecimiento radicular, acompañada de la formación de lesiones, zonas necróticas, oscurecimiento y muerte celular, a menudo seguida de pudrición radicular por ataque secundario de hongos o bacterias del suelo. Castillo y

Vovlas (2007) mencionan que los nematodos del género *Pratylenchus* forman complejos patógenos con diversos hongos patógenos, como *Verticillium*. Esto concuerda con lo observado en este trabajo, ya que los nematodos presentes en el cultivo de solidago, causaron lesiones que podrían ser vías de acceso para los hongos *Fusarium equiseti* y *Fusarium oxysporum* encontrados.



Figura 13 *Pratylenchus* sp. Observación microscopio compuesto a 40x. Cabeza conica redondeada o truncada. Nodulos basales visibles al microscopio. Isthmo delgado.

Berlanger y Powelson (2005) destacan que la severidad del marchitamiento por *Verticillium* en cultivos como papa y menta se ve intensificada en presencia del nematodo fitopatógeno *Pratylenchus penetrans*, el cual altera la fisiología de la planta hospedera, incrementando su susceptibilidad al daño. Este fenómeno resulta especialmente relevante al considerar que los síntomas pueden desarrollarse incluso cuando las poblaciones de *Verticillium* y *P. penetrans* son, por separado, insuficientes para causar enfermedad significativa. En el presente estudio, realizado en cultivo de solidago, se identificaron *Fusarium equiseti* y *Fusarium oxysporum* como agentes potencialmente patógenos, así como cuatro géneros de nematodos de importancia fitopatológica. Entre ellos, destacó la alta frecuencia de *Pratylenchus*, lo que sugiere

un posible efecto sinérgico entre estos organismos. La presencia simultánea de hongos del género *Fusarium* y nematodos del género *Pratylenchus* podría estar desempeñando un papel determinante en la manifestación y severidad de los síntomas observados en campo, lo que coincide con lo reportado por Berlangier y Powelson en otros sistemas cultivo-patógeno-nematodo.



Figura 14 *Criconema* sp. Observación en microscopio compuesto a 40x. Cutícula con anillos gruesos y bien marcados, que le dan un aspecto segmentado característico. Cuerpo en forma de C cuando está relajado o muerto. Poseen un estilete largo y robusto.

*Criconema xenoplax* se ha asociado con un síndrome complejo que involucra su interacción con daños por frío y la bacteria *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*, lo cual puede conducir a la muerte prematura de los árboles (Archidona et al., 2023). Este caso revela la capacidad de ciertos nematodos fitoparásitos para formar complejos patogénicos con otros agentes bióticos y factores abióticos, intensificando la severidad de los síntomas. La coexistencia de estos organismos sugiere una posible interacción

sinérgica que contribuye al deterioro fisiológico de las plantas, exacerbando los síntomas y favoreciendo el desarrollo de enfermedades complejas.



*Figura 15 Rhabditis sp. Observación en microscopio compuesto a 40x. Cavidad bucal a manera de tubo. Istmo estrecho. Bulbo posterior grande y globoso. Cola filiforme.*



*Figura 16 Tylenchorinichus sp. observación de la zona craneoencefálica en microscopio compuesto a 40x. Fuerte estilete con lóbulos basales bien distinguibles. Bulbo basal bien desarrollado.*



Figura 17 *Aphelenchus* sp. Observación en microscopio electrónico a 40x. Estilete y nódulos pequeños, poco visibles al microscopio. Bulbo medio grande y desarrollado que cubre casi toda el área del cilindro esofágico. Cola redonda.

Las plantas inoculadas con *Fusarium equiseti* y *Fusarium oxysporum* no desarrollaron síntomas visibles, lo cual podría atribuirse a la ausencia de daño mecánico durante el proceso de inoculación el cual no se realizó por el tamaño reducido de las plántulas utilizadas. Castillo *et al.* (1998) demostraron que infecciones con *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* raza 5 se intensificaron significativamente en presencia de 10 nematodos por cm<sup>3</sup> de suelo, lo que incrementó la infección radicular en cultivares susceptibles. Esto sugiere que la presencia de nematodos, o el daño mecánico que estos provocan en las raíces, es un factor determinante para facilitar la penetración y colonización del hongo, y por tanto, para la expresión de los síntomas. En el caso del cultivo de solidago, la interacción con nematodos del género *Pratylenchus* podría jugar un papel similar, actuando como un facilitador de la infección fúngica y contribuyendo al desarrollo de una enfermedad compleja.

El primer caso documentado de un complejo patogénico entre hongos y nematodos en plantas fue descrito por Atkinson en 1892, quien observó que el marchitamiento por *Fusarium* en algodón (causado por *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum*) se presentaba con mayor severidad en presencia de nematodos agalladores del género *Meloidogyne*. Desde entonces, se han reportado numerosas interacciones sinérgicas

entre hongos fitopatógenos y nematodos endoparásitos, tanto sedentarios como formadores de agallas o quistes, que intensifican enfermedades causadas por *Fusarium* y *Verticillium*, agentes comunes del marchitamiento vascular. En particular, *Meloidogyne* spp. ha demostrado interactuar con *Fusarium* spp. en distintos cultivos, exacerbando el marchitamiento y reduciendo el rendimiento, mientras que nematodos quísticos presentan un comportamiento similar (Zhang et al., 2020). Estos antecedentes coinciden con los hallazgos en el presente estudio, en el cual se observó que la coexistencia de especies de *Fusarium* (*F. oxysporum* y *F. equiseti*) con nematodos fitopatógenos está relacionada con una mayor expresión de síntomas de marchitez en el cultivo de solidago.

## CONCLUSIÓN

En el presente estudio se identificaron los principales organismos fitopatógenos asociados a la marchitez de *Solidago canadensis*. Mediante técnicas morfológicas y moleculares, se confirmó la presencia de los hongos *Fusarium equiseti* y *Fusarium oxysporum*, ambos conocidos por su capacidad de colonizar el sistema vascular de las plantas y provocar síntomas de marchitez.

Asimismo, se identificaron nematodos fitoparásitos de los géneros *Pratylenchus sp.*, *Criconema sp.*, *Tylenchorhynchus sp.*, *Aphelenchus sp.* y el género saprófito *Rhabditis sp.*, cuya presencia puede estar relacionada con condiciones de deterioro del sistema radicular y favorecer el ingreso de hongos patógenos.

Estos resultados aportan información relevante para el manejo fitosanitario del cultivo de solidago. Asimismo, se establece un punto de partida para futuros estudios enfocados en el control integrado de enfermedades en floricultura, particularmente en zonas productoras de Puebla, donde este cultivo representa una fuente de ingresos importante para pequeños y medianos productores.

## BIBLIOGRAFIA

- Acharya B., Ingram T. W., Oh Y., Adhikari T. B., Dean R. A., y Louws, F. J. 2020. Oportunidades y desafíos en los estudios de interacciones hospedero-patógeno y manejo de *Verticillium dahliae* en tomates. *Plants*, 9(11), 1622. <https://doi.org/10.3390/plants9111622>
- Agrios G. N. 2005. *Plant pathology* (5th ed.). Elsevier Academic Press. 952 p
- Archidona Y. A., Palomares R., J. E., Clavero C., I., Cantalapiedra N., C., Liébanas, G., & Castillo, P. 2023. Una prueba de identificación ciega en *Criconea annuliferum* (de Man, 1921) Micoletzky, 1925 complejo de especies corrobora la diversidad de especies hipercríticas utilizando taxonomía integradora. *Plants*, 12(5), 1044. <https://doi.org/10.3390/plants12051044>
- Barnett H. L. y Hunter B. B. 1998. *Illustrated genera of imperfect fungi* (4th ed.). St. Paul, MN: The American Phytopathological Society.
- Bibi A., Mubeen F., Rizwan A., Ullah I., Hammad M., Waqas MAB, Ikram A., Abbas Z., Halterman D. y Saeed N.A. 2024. Identificación morfomolecular de *Fusarium equiseti* y *Fusarium oxysporum* asociados con el marchitamiento sintomático de la papa en Pakistán. *Journal of Fungi*, 10 (10), 701. <https://doi.org/10.3390/jof10100701>
- Berlanger I. y Powelson M. L. 2005. *Verticillium wilt*. Oregon State University. The Plant Health Instructor. <https://doi.org/10.1094/PHI-I-2000-0801-01>
- Bolton M.D., Thomma B.P., Nelson B.D. 2006. *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary: biology and molecular traits of a cosmopolitan pathogen. *Molecular Plant Pathology*; 7(1):1-16. doi: 10.1111/j.1364-3703.2005.00316.x. PMID: 20507424.
- Castillo S. P. A., L. R. Cortés S., y J. Acero G. 2021. Aspectos moleculares de la marchitez vascular del jitomate (*Solanum lycopersicum*) por *Fusarium oxysporum* f. sp. lycopersici y del antagonismo por *Trichoderma spp.* *Revista Mexicana de Fitopatología*, 40(1), 82–102. <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2106-1>
- Castillo P. y Vovlas N. 2007. *Pratylenchus* (Nematoda: Pratylenchidae): Diagnosis, biology, pathogenicity and management. In D. J. Hunt & R. N. Perry (Eds.), *Nematology Monographs and Perspectives* (Vol. 6). Brill.
- Castillo P, Mora R. M.P., Navas C. J. A, Jiménez D. R.M. 1998. Interactions of *Pratylenchus thornei* and *Fusarium oxysporum* f. sp. ciceris on Chickpea.

- Phytopathology; 88(8):828-36. doi: 10.1094/PHYTO.1998.88.8.828. PMID: 18944890.
- Cepeda, S.M. 1996. Nematología Agrícola. Primera edición. Ed. Trillas. México, D.F. 303 p.
- Coladonato, Milo. 1993. Solidago canadensis. Sistema de información sobre los efectos del fuego [en línea]. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Servicio forestal, estación de investigación de las montañas rocosas, Laboratorio de Ciencias del Fuego. Consultado el 30 de mayo de 2025. Disponible en: <https://www.fs.usda.gov/database/feis/plants/forb/solcan/all.html>
- Derbyshire M.C., Newman T.E., Khentry Y., Owolabi T. A. 2022. The evolutionary and molecular features of the broad-host-range plant pathogen *Sclerotinia sclerotiorum*. Mol Plant Pathol; 23(8):1075-1090. doi: 10.1111/mpp.13221.
- Díaz F., G. A. 2024. Efectividad de *Trichoderma spp.* y *Bacillus subtilis* sobre la roya del solidago y en el crecimiento vegetal. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Dumoncaux D. T., Carisse O., Beaulieu C., y Fillion M. 2022. Combining Desirable Traits for a Good Biocontrol Strategy against *Sclerotinia sclerotiorum*. Microorganisms; 10(6):1189. doi: 10.3390/microorganisms10061189.
- Elliott M. L. 2010. Marchitez vascular causada por *Fusarium oxysporum*. Universidad de Florida – Centro de Investigación y Educación de Fort Lauderdale, Vol. 31, Número Especial, Tomo I.
- EPPO (2025) EPPO Global Database. <https://gd.eppo.int> Consultado el 31/03/2025.
- Flora of North America. 2006. Asteraceas. Vol. 19, 20 y 21. En línea [http://www.efloras.org/flora\\_page.aspx?flora\\_id=1](http://www.efloras.org/flora_page.aspx?flora_id=1). Consultado el 26/03/2006.
- Fradin E. F. y P. Thomma B. 2006. Physiology and molecular aspects of Verticillium wilt diseases caused by *V. dahliae* and *V. albo-atrum*. Molecular Plant Pathology; 7(2):71-86. doi: 10.1111/j.1364-3703.2006.00323.x.
- Gobierno del Estado de México. 2023. Análisis de la tendencia de producción florícola de las 29 principales variedades y ornamentales del Estado de México 2011-2022. Unidad de información, planeación, programación y evaluación. Subdirección de Información y Estadística. Departamento de Análisis y Estadística.. Consultado el 30/03/2025. Extraído de: [https://secampo.edomex.gob.mx/sites/secampo.edomex.gob.mx/files/files/Produccion\\_Campo/Prod\\_Flori\\_2011-2022\\_v3.pdf](https://secampo.edomex.gob.mx/sites/secampo.edomex.gob.mx/files/files/Produccion_Campo/Prod_Flori_2011-2022_v3.pdf)
- Gómez G. A. A. y Carrillo A. R. Y. 2014. Producción y comercialización de flores mexicanas.ECORFAN.137p. [https://www.ecorfan.org/spain/libros/LIBRO\\_FLORES.pdf](https://www.ecorfan.org/spain/libros/LIBRO_FLORES.pdf)

- Gordon TR. 2017. *Fusarium oxysporum* and *Fusarium* wilt syndrome. Annual Review of Phytopathology, 55(1), 23–39.
- Goswami, R.S.; Kistler, H.C. 2004. Rumbo al desastre: *Fusarium graminearum* en los cultivos de cereales. Mol. Planta Pathol. 2004, 5, 515–525.
- Hami, A.; Rasool, R.S.; Khan, N.A.; Mansoor, S.; Mir, M.A.; Ahmed, N.; Masoodi, K.Z. 2021. Identificación morfomolecular y primer informe de *Fusarium equiseti* en la causa del marchitamiento del chile de Cachemira (norte del Himalaya). Rep. Científica 2021, 11, 3610.
- Handoo, Z. A., Palomares-Rius, J. E., Cantalapiedra-Navarrete, C., Liébanas, G., Subbotin, S. A., & Castillo, P. 2014. Taxonomía integradora de los nematodos achaparrados de los géneros *Ditylenchus* y *Tylenchorhynchus* (Nematoda, Telotylenchidae) con descripción de dos nuevas especies y una filogenia molecular. *Revista Zoológica de la Sociedad Linneana*, 172(2), 231-264.
- Heffer L. V. y Johnson K. B. 2007. White mold *Sclerotinia*. Plant Health Instructor. American Phytopathological Society. DOI: 10.1094/PHI-I-2007-0809-01
- Jones, J.T., Haegeman, A., Danchin, E.G.J., Gaur, H.S., Helder, J., Jones, M.G.K., Kikuchi, T., Manzanilla-López, R., Palomares-Rius, J.E., Wesemael, W.M.L. and Perry, R.N. 2013. Top 10 plant-parasitic nematodes. *Molecular Plant Pathology*, 14: 946-961. <https://doi.org/10.1111/mpp.12057>
- Klosterman, S. J., Atallah, Z. K., Vallad, G. E., & Subbarao, K. V. 2009. Diversity, pathogenicity, and management of *Verticillium* species. Annual Review of Phytopathology, 47(1), 39-62.
- Leslie, J. F., & Summerell, B. A. 2006. *The Fusarium Laboratory Manual* (1.<sup>a</sup> ed.). Blackwell Professional Publishing. Ames, Iowa, USA. 388 pp.
- Ma, L. J., Geiser, D. M., Proctor, R. H., Rooney, A. P., O'Donnell, K., Trail, F., ... & Kazan, K. 2013. *Fusarium* pathogenomics. Annual Review of Microbiology, 67(1), 399-416.
- Mai, W. F., Mullin, P. G., Lyon, H. H., & Loeffler, K. V. 1996. *Plant parasitic nematodes: A pictorial key to genera* (5th ed.). Comstock Publishing Associates, a Division of Cornell University Press.
- Mayalica D. C. P. 2014. Valoración de la aplicación de cinco dosis de ácido giberélico en el rendimiento del cultivo de solidago (*Solidago sp. golden amazone*). Tumbaco, Pichincha. Tesis de grado. Universidad Central del Ecuador. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/2489>
- Mera O. 2017. Efecto de la aplicación del extracto la tolita sobre el cultivo de solidago, disponible en URL: <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/12394/1/Tesis%20final.pdf>

- Mokobi F. 2020. *Fusarium spp.* En línea: <https://microbenotes.com/fusarium-spp/>  
Consultado: 28/03/2020.
- North Carolina State University. Sin fecha. *Solidago canadensis*. Extension Gardener Plant Toolbox. Recuperado el 9 de junio de 2025, de <https://plants.ces.ncsu.edu/plants/solidago-canadensis/>
- Pacheco R. J. R. 2006. Identificación de patógenos e insectos asociados a seis especies de malezas en el cultivo de manzano en el municipio de Arteaga, Coahuila. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Repositorio digital Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Obtenido de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/bitstream/handle/123456789/4246/T15942%20PACHECO%20RIVERA%2c%20RODRIGO%20JAVIER%20%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Perez B., Lus B. A., Barrientos G. N., Carrettoni D. M., y Apóstolo N. M. 2023. Evaluación de variables agronómicas en el cultivo de vara de oro (*Solidago chilensis* Meyen) en la pampa húmeda argentina. *Agriscientia*, 40(1), 5-5.
- Popay I. y Parker C. 2022. *Solidago canadensis* (vara de oro canadiense). CABI Compendium. [cabicompendium](https://cabicompendium.org/50599). 50599, doi:10.1079/cabicompendium.50599
- Romero G. M. y T. García R. 2001. Introducción al cultivo de solidago. Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente. 21 pp. [8.-Introducción-al-cultivo-de-solidago.pdf](#)
- Romero A. O., S. J. Martínez S., A. Rivera T., M. Huerta L., B. Laug G. y N. Villa R. 2022. Primer informe de podredumbre basal causada por *Fusarium equiseti* en Los cultivos de cebolla de Puebla, México. *Agroecosistemas Tropicales y Subtropicales* 25 #064
- Lenz M. & J. Deboni V. 2025. *Sclerotinia sclerotiorum*. *Revista Cultivar*. Consultado el 9/05/2025. Extraído de <https://revistacultivar-es.com/salud-vegetal/sclerotinia-sclerotiorum>
- Tapia M. L. 2010. La familia Asteraceae. Desde el herbario CICY 2: 82–84 Herbario CICY, Centro de Investigación Científica de Yucatán, A. C. (CICY) [http://www.cicy.mx/sitios/desde\\_herbario/](http://www.cicy.mx/sitios/desde_herbario/) 82 La Familia Asteraceae José Herbario CICY, Unidad de Recursos Naturales Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. (CICY).

- Secretaría de Información Agropecuaria y Pesquera (SIAP). 2024. Ornamentos. En línea. Fecha de consulta: 29/05/2025. extraído de: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/891793/Brochure\\_Ornamentos\\_Feb\\_2024.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/891793/Brochure_Ornamentos_Feb_2024.pdf)
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SIAP). 2021. Solidago. En línea. Consultado el 20/07/2024. Extraído de: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/726327/Solidago.pdf>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SIAP). 2022. Las flores están en el campo, en las miradas, en las palabras. Secretaría de Información Agropecuaria y Pesquera. En línea. Fecha de consulta: 29/05/2025. Extraído de: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/las-flores-estan-en-el-campo-en-las-miradas-en-las-palabras#:~:text=La%20floricultura%20mexicana%20es%20una%20tradici%C3%B3n%20y%20hoy,ciento%20de%20su%20producci%C3%B3n%20la%20realizan%20manos%20femeninas.>
- Summerell, B. A. 2019. Resolving *Fusarium*: Current status of the genus. Annual Review of Phytopathology, 57, 323–339. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-08271>
- Vázquez, R. L. (2017). Manejo integrado de la marchitez vascular del tomate *Fusarium oxysporum* f. sp. lycopersici (Sacc.) W.C. Snyder & H.N. Hansen]: Una Revisión. Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica. Consultado el 30/03/2025. Extraído de: [Http://Www.Scielo.Org.Co/SciELO.Php?Script=Sci\\_Arttext&Pid=S0123-42262017000200014](http://www.Scielo.Org.Co/SciELO.Php?Script=Sci_Arttext&Pid=S0123-42262017000200014)
- Xu Z. y Chang L. 2017. Asteraceae. In: Identification and control of common weeds: Volume 3. Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-10-5403-7\\_20](https://doi.org/10.1007/978-981-10-5403-7_20).
- Zhang Y., Li S., Li H. Wang R., Zhang K. Q., y Xu J. 2020. Interactions between fungi and nematodes: Diversity, ecology, and biocontrol prospects in agriculture. Journal of Fungi 6(4), 206. <https://doi.org/10.3390/jof6040206>

## ANEXOS

### Resultados secuenciación *Fusarium equiseti*

GCAATGGAGTGGATCGTRATCCKAGGWCACATTCAGAAGTTGGGGTTTTACGGC  
GTGGCCGCGACGATTACCAGTAACGAGGTGTATGATTACTACGCTATGGAAGCT  
CGACGTGACCGCCAATCGATTTGGGGAACGCGGGTTACCGCGAGTCCCAACAC  
CAAGCTGAGCTTGAGGGTTGAAATGACGCTCGAACAGGCATGCCCGCCAGAATA  
CTGGCGGGCGCAATGTGCGTTCAAAGATTCGATGATTCACTGAATTCTGCAATTC  
ACATTACTTATCGCATTTTGCTGCGTTCTTCATCGATGCCAGAACCAAGAGATCC  
GTTGTTGAAAGTTTTGATTTATTTGTTTGTTTTACTCAGAAGTTCCACTAAAAACA  
GAGTTTAGGGTCCTCGGGCGGGCCGTCCCTTTTTACAGGGCGCGGGCTGATCC  
GCCGAGGCAACGTATAGGTATGTTACAGGGGTTTGGGAGTTGTAAACTCGGTA  
ATGATCCCTCCGCAGGTTTCMCCTACGGGGGATCATTACCGAGTTTACAACCTCCA  
AACCCSKGKGAAAATACTTTTCTTGCCCGCGGGGAAACCCCCCGKWWAAAA  
AGGGGGGGGGGGGGGAAAAAAAWTYTTTTTTTTTTGGGGGGGGGTCTTTCYRAA  
AAAAAAAAAAATTWTTTAAAAATTTCTTCCACGGRKYTTTTTGTGGTTTTGGGGS  
CYAAAAAAAAAAAAACCCMCARGGGGGSATGAGGGGGGGGGGATRTRRAAAAA  
TTTGGGAAAACCMCTWTTTTTAAAMSCGCGGGCGCCGCCSSKGGGGGGGG  
GGSGSGKRATAAWMCTSWWTWWGGGGGGGGGGGAGGGGGGGGCMCCCC  
CCCCACSAGGYGMAMACYAASGGGGGGGGGG

### Resultados de secuenciación *Fusarium oxysporum*

AAAAAAGGAGACATCCTGATCCGAGGWCACATTCAGAAGTTGGGGTTTAACGGC  
GTGGCCGCGACGATTACCAGTAACGAGGGTTTTACTACTACGCTATGGAAGCTC  
GACGTGACCGCCAATCAATTTGAGGAACGCGAATTAACGCGAGTCCCAACACCA  
AGCTGTGCTTGAGGGTTGAAATGACGCTCGAACAGGCATGCCCGCCAGAATACT  
GGCGGGCGCAATGTGCGTTCAAAGATTCGATGATTCACTGAATTCTGCAATTCA  
CATTACTTATCGCATTTTGCTGCGTTCTTCATCGATGCCAGAACCAAGAGATCCG  
TTGTTGAAAGTTTTGATTTATTTATGGTTTTACTCAGAAGTTACATATAGAAACAGA  
GTTTAGGGGTCTCTGGCGGGCCGTCCCGTTTTACCGGGAGCGGGCTGATCCG

CCGAGGCAACAAGTGGTATGTTACAGGGGTTTGGGAGTTGTAAACTCGGTAAT  
GATCCCTCCGCAGGTTACCTACRGARGGATCATTACCGAGTTTACAACTCCCA  
AACCTGKAAAMAWACATTGGTGGCCGGRGRAACCCCCCCCCGGSAAAAGGGG  
GGGGGCCCAARAACCCAAAACYTTTTTTTTTTTTTTTTWMTCCCGMAAAAAACAA  
CAATGWAAAAAATTTTTTCAAAGGAAWCTTTGGGGTTTCGGGCYCMAAAAAA  
AAAGCCAMAAGGGCMARGKGRGGGRARYGGAAAAAAKTGGGGGAAWCCCA  
ATTTTAAAMWMTGGCGCCCCCYWTTTGKGGSGGGKGGYKTAMACTKYTTYYS  
RGAGGGGGGGGGGGSGGGG