

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Identificación de Fitopatógenos Asociados al Marchitamiento y Secadera en el Cultivo de Lechuga (*Lactuca Sativa* L.) en el Municipio de Quecholac, Puebla.

Por:

REY DAVID MUÑOZ JIMÉNEZ

TESIS

Presentada como requisito para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México

Marzo de 2024.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Identificación de Fitopatógenos Asociados al Marchitamiento y Secadera en el Cultivo de Lechuga (*Lactuca Sativa* L.) en el Municipio de Quecholac, Puebla.

Por:

REY DAVID MUÑOZ JIMÉNEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el Comité de Asesoría:

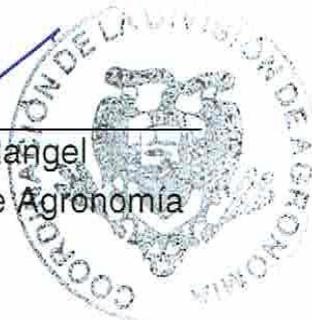

Dra. Yisa María Ochoa Fuentes
Asesor Principal


Dra. Rocío de Jesús Díaz Aguilar
Asesor Principal Externo


Dr. Ernesto Cerna Chávez
Coasesor


Dr. Armando Hernández Pérez
Coasesor


Dr. Alberto Sandoval Rangel
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México.

Marzo de 2024.

CARTA DE NO PLAGIO

A quien corresponda.

Juro bajo protesta en decir la verdad, 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.

Atentamente.



Rey David Muñoz Jiménez

Saltillo, Coahuila, México.

Marzo de 2024.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme salud, inteligencia, fortaleza para seguir trabajando y preparándome día a día, por cuidar de mí siempre que salí de casa y regresar con bien, por guiarme por buenos caminos y acercarme a buenas personas, por todas las bendiciones que me ha regalado en la vida.

A la Universidad Agraria Antonio Narro, por recibirme, darme alojamiento, conocimiento, y sobre todo por los buenos amigos que me dio.

A la Dra. Yisa Ochoa María Ochoa, por aceptarme y apoyarme con mi proyecto, por darme la confianza, ser empática y por sus buenos consejos.

A la Dra. Rocío de Jesús Díaz Aguilar, por compartirme sus conocimientos, por su apoyo, su tiempo, por la paciencia, y las grandes enseñanzas que me deja en esta pequeña parte de mi vida.

A mis amigos, **Alejandra Plata Tapia, Vianey De Jesús, Daniel Ramírez, José Mirón**, por ser como de mi familia, por el apoyo que me brindaron.

A mi novia, **Jimena Navarro**. Por ayudarme aun cuando no se lo pedía, por darme su apoyo en todo momento.

A todos los maestros que me impartieron clases en la (UAAAN), porque con cada uno aprendí cosas buenas.

DEDICATORIA

A mis padres:

Clemente Muñoz Jiménez y Edith Jiménez palacios:

Por su amor incondicional y ser un ejemplo para seguir, que gracias a ustedes pude ser un adulto aun siendo un simple joven, gracias por el apoyo, y consejos, que sin duda fueron claves para culminar lo que empecé, gracias por sus regaños, llamadas, y por estar siempre para mí, por darme agallas y amor a la vez, por todo lo que me han enseñado.

A mis hermanos:

Joel Clemente Muñoz Jiménez y Concepción Edith Jiménez Palacios

Por apoyarme siempre que lo necesite y darme ánimos en todo momento

A mis sobrinos:

Aylin Nicol Muñoz, Leonardo Gael Muñoz

Aunque son los más pequeños de la familia, son los que más amor nos transmiten.

A mis abuelitos:

Luis Muñoz †, Fermín Jiménez †

Por hacerme feliz, por sus enseñanzas y ánimos.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	I
DEDICATORIA.....	II
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	III
ÍNDICE DE CUADROS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
RESUMEN	VIII
ABSTRACT	IX
INTRODUCCIÓN	1
Objetivo general.....	3
Objetivos específicos	3
Hipótesis	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Origen y distribución	4
Cultivo de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.)	4
Clasificación taxonómica	4
Descripción botánica.....	5
Producción mundial	5
Producción nacional.....	6
Importancia	7
Importancia económica.....	7
Importancia culinaria.....	7
Condiciones edafoclimáticas del cultivo.....	8
Principales enfermedades del cultivo.....	8
<i>Botrytis cinérea</i>	8
Clasificación taxonómica	9
Características morfológicas	9
Sintomatología.....	9
<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	10
Clasificación taxonómica	10

Características morfológicas	11
Sintomatología.....	11
<i>Bremia lactucae</i>	11
Clasificación taxonómica	12
Sintomatología.....	12
<i>Erysiphe cichoracearum</i> L	12
Morfología.....	13
Principales bacterias fitopatógenas que atacan al cultivo de lechuga	13
<i>Xhantomonas spp.</i>	13
Morfología.....	13
Síntomas	14
<i>Pseudomonas spp.</i>	14
Morfología.....	14
Sintomatología.....	15
<i>Pectobacterium sp. (Erwinia)</i>	15
Morfología.....	15
Síntomas	15
MATERIALES Y METÓDOS.....	17
Ubicación del experimento.....	17
Obtención de muestras.....	17
Aislamiento y purificación de fitopatógenos	17
Identificación molecular de hongos.....	18
Identificación de bacterias fitopatógenas	19
Tinción de Gram	19
Tinción de flagelos	20
Siembra de bacterias en medios de cultivo diferenciales (KB, YDC, CT)	20
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
Identificación morfológica de los hongos	21
<i>Fusarium oxysporum</i>	21
<i>Alternaria alternata</i>	22
Identificación molecular.....	23

Identificación morfológica de bacterias	25
CONCLUSIONES	27
BIBLIOGRAFIA CITADA	28

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Principales países productores de lechuga.	6
Cuadro 2. Principales estados productores de lechuga en el país.....	6
Cuadro 3. Principales municipios productores de lechuga en el estado de Puebla.	7
Cuadro 4. Programas de reacción de PCR, utilizados para la identificación molecular de los hongos aislados.	19
Cuadro 5. Hongos aislados de las diferentes partes de las plantas con síntomas de marchitamiento.....	21
Cuadro 6. Identificación molecular de aislamientos de las secuencias presentadas en el GenBank.	24
Cuadro 7. Características generales para la diferenciación de bacterias.....	26
Cuadro 8. Características de bacterias en medios diferenciales.....	26

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Características morfológicas de <i>Fusarium oxysporum</i> en medio de cultivo PDA. A) micelio color blanco-purpura algodonoso, B) hifas, macroconidias y microconidias, C) clamidiosporas intercalares, D) macroconidias.	22
Figura 2. Características morfológicas de <i>Alternaria sp.</i> En medio PDA. A) micelio con coloración negro-gris medianamente algodonoso, B) hifas con conidias, C, D) conidias septadas.	23
Figura 3. Gel de agarosa de productos de PCR obtenidos a partir de ADN de <i>F. oxysporum</i> y <i>Alternaria sp.</i>	23

RESUMEN

La lechuga se distribuye en todo el mundo, pero la mayor parte se concentra en Asia, el país con mayor producción de lechuga en el mundo es China con 14,367, 831 ton. México se encuentra en el noveno lugar de producción mundialmente con 509,084 ton y sus principales estados productores son Guanajuato, Zacatecas, Puebla, Baja California y Aguascalientes. Puebla se encuentra entre los primeros estados productores del país, donde Quecholac es el primer municipio productor de la hortaliza en el estado. El cultivo se ve afectado por diferentes plagas y patógenos demeritando la calidad y rendimiento, las principales reportadas en el cultivo son; pulgones, orugas, mosquita blanca y trips, y las principales enfermedades son; pudrición blanca, pudrición gris, oídio y bacteriosis. En la presente investigación se realizó un muestreo al azar recolectando de una parcela plantas de lechuga con síntomas de achaparramiento, amarillamiento y marchitamiento en las cuales se presentaba coloración rojiza-café en las raíces. Las muestras fueron aisladas en medio Papa-Dextrosa-Agar (PDA) donde se obtuvieron diferentes cepas de hongos. Las cepas se identificaron morfológica y molecularmente, a través de técnicas moleculares mediante la extracción de ADN y reacciones de PCR, donde se corroboró la presencia de *Fusarium oxysporum* y *Alternaria alternata*. Es importante conocer morfológica y molecularmente a los fitopatógenos que dañan a los cultivos para realizar un control acertado y evitar grandes pérdidas por implementación de prácticas de manejo inapropiadas.

Palabras clave: Fitopatógenos, *Fusarium oxysporum*, Enfermedades, Pérdidas.

ABSTRACT

Lettuce is distributed worldwide, but most of it is concentrated in Asia, the country with the largest lettuce production in the world is China with 14,367,831 tons. Mexico is in the ninth place of production worldwide with 509,084 tons and its main producing states are Guanajuato, Zacatecas, Puebla, Baja California and Aguascalientes. Puebla is among the first producing states in the country, where Quecholac is the first municipality producing the vegetable. The crop is affected by different pests and pathogens that demerit quality and yield, the main ones reported in the crop are aphids, caterpillars, whitefly and thrips, and the main diseases are white rot, gray rot, powdery mildew and bacteriosis. In the present investigation, a random sampling was carried out by collecting from a plot lettuce plants with symptoms of stunting, yellowing and wilting in which reddish-brown coloration was present in the roots. The samples were isolated on Potato-Dextrose-Agar (PDA) medium where different fungal strains were obtained. The strains were identified morphologically and molecularly, through molecular techniques by DNA extraction and PCR reactions, where the presence of *Fusarium oxysporum* and *Alternaria alternata* was corroborated. It is important to know morphologically and molecularly the phytopathogens that damage crops in order to carry out an accurate control and avoid large losses due to the implementation of inappropriate management practices.

Keywords: Phytopathogens, *Fusarium oxysporum*, Diseases, Losses.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de lechuga inició hace 2500 años, los romanos acostumbraban a consumir lechuga después de la cena para relajarse y conciliar el sueño, por su efecto sedante (SIAP, 2019). México se encuentra en el noveno lugar de producción mundialmente, la lechuga se produce en 21 estados de México, siendo los principales estados productores Guanajuato con 27.3%, Zacatecas con 17.8%, Aguascalientes con 14.8% y Puebla con 14.2% de la producción nacional (SIAP, 2021).

La lechuga en sus distintos colores y aspectos es una de las hortalizas frecuentemente más consumidas en todo el mundo y principalmente se cultiva en zonas templadas y subtropicales, hoy en día se cultiva a cielo abierto e invernaderos, en suelo o sistemas hidropónicos (Saavedra *et al.*, 2017).

Por lo general las especies hortícolas tienen ciclos vegetativos cortos, al igual que las plagas que presentan, sin embargo, estas tienen gran capacidad reproductiva y gran movilidad, por lo que algunas llegan a tener más de una generación por ciclo del cultivo, lo cual hace difícil su manejo y propicia la adquisición de resistencia a los diferentes insecticidas usados para su control (Jaramillo, 2001). Entre las principales plagas en el cultivo de lechuga se pueden encontrar los pulgones, orugas, mosquita blanca y trips. Las especies de pulgones reportados como dañinos son (*Nasonovia ribisnigri*, *Myzus persicae*, *Macrosiphum euphorbiae*), estos producen daños directos e indirectos puesto que son transmisores de virus, las orugas producen daños en las hojas ya que son defoliadores (Morató, 2000).

La lechuga es atacada por microorganismos patógenos que de acuerdo con su naturaleza causan daños a la planta de distintas maneras, los cuales pueden provocar diferentes síntomas como; moteados, clorosis, manchas, achaparramientos, marchites y pudriciones, demeritando el rendimiento y calidad (Stefanova y Hernández, 1999). Las principales enfermedades de la lechuga más comunes son pudrición blanca, pudrición gris y oídio, estas enfermedades se

presentan en cualquier etapa del desarrollo y pueden afectar tallos, raíces y hojas (Godoy *et al.*, 2018).

Para el control de plagas y enfermedades en el cultivo de lechuga se emplea el manejo genético usando variedades resistentes, enemigos naturales, rotación de cultivos, plaguicidas botánicos, entre otras (Jaime, 2007). Para el control químico en este cultivo se utilizan diferentes principios activos de insecticidas, acaricidas (abamectina, spinosad, imidacloprid, lambda cialotrina) y fungicidas (Mancozeb, Azoxystrobin, metalaxil- M, Propamocarb) (Ruiz *et al.*, 2017).

Objetivo general

Aislar e identificar morfológica y molecularmente los fitopatógenos asociados al marchitamiento y secadera en el cultivo de lechuga en Quecholac, Puebla.

Objetivos específicos

- Aislar los fitopatógenos asociados a la secadera en el cultivo de lechuga.
- Identificar morfológicamente los fitopatógenos asociados al cultivo de lechuga.
- Corroborar la identidad de los fitopatógenos aislados mediante la identificación molecular.

Hipótesis

Se identificarán al menos dos hongos o bacterias fitopatógenas asociadas al marchitamiento y secadera en el cultivo de lechuga.

REVISIÓN DE LITERATURA

Origen y distribución

El origen no se conoce con exactitud, sin embargo, algunos autores afirman que procede de la India, mientras que otros la ubican en las regiones templadas de Eurasia y América del norte (Vera, 2008). El cultivo inició aproximadamente hace 2,500 años y en la actualidad hay alrededor de 578 especies descritas que incluyen casi 20 mil variedades de las cuales muy pocas son cultivadas comercialmente (Cedillo *et al.*, 2021). La lechuga se distribuye en todo el mundo, a pesar de que se produce en un 98% en los continentes de Asia, América y Europa, la mayor parte del cultivo se concentra en Asia, con un 67% del total mundial (Carrasco y Sandoval, 2016).

Cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.)

El nombre (*Lactuca*) proviene del latín laco o lactis que significa lácteo o leche, ya que desprende un líquido de color blanco con textura viscosa cuando es cortada, la lechuga es una planta herbácea de ciclo anual que puede cultivarse en casi todas las regiones templadas, pertenece al grupo de las hortalizas de hoja y es consumida en verde regularmente, es muy apreciada por su alto contenido de agua (alrededor del 95%), bajo contenido de azúcares y propiedades sedantes gracias al relajante natural lactucina (SIAP, 2016; Cedillo *et al.*, 2021).

Clasificación taxonómica

Reino: *Plantae*

División: *Macrophyllophita*

Subdivisión: *Macrophyllophitina*

Clase: *Paenopsida*

Orden: *Asterales*

Familia: *Asteraceae*

Género: *Lactuca*

Especie: *sativa*

Nombre científico: *Lactuca sativa*

Nombre común: "Lechuga"

(Maroto, 2002)

Descripción botánica

Es una planta anual de raíz pivotante, las hojas están distribuidas en forma de espiral, actualmente existe una diversidad de formas, colores y tipos de lechuga. Los colores varían de un tono verde claro a un tono más oscuro. Cuando la planta llega a su madurez se produce un crecimiento del tallo el cual puede llegar hasta un metro, entonces comienza el periodo reproductivo y sale una inflorescencia la cual está compuesta por muchos capítulos los cuales tienen varios floretes que son de color amarillo (Saavedra *et al.*, 2017).

Producción mundial

China es el país con la mayor producción de lechuga en el mundo con 14,367, 831 ton, seguida de Estados Unidos, India y España (Cuadro 1), México se encuentra en el noveno lugar de producción mundialmente con 509,084 ton (FAO, 2021).

Cuadro 1. Principales países productores de lechuga.

Países	Producción (ton)
China	14,367,831.42
Estados Unidos	3,395,480
India	1,129,374.25
España	1,066,010
Italia	963,280
Japón	575,278.97
Bélgica	564,850
Turquía	540,569
México	509,084.12
Francia	479,180

(FAO,2021).

Producción nacional

En México se produce lechuga en 21 estados de la república, en el que se siembran aproximadamente 23,197 ha, donde Guanajuato, Zacatecas, Puebla, Baja California y Aguascalientes son los principales estados que sobresalen con mayor superficie sembrada (Cuadro 2), los cuales tienen un promedio de producción de 27 ton/ha, Puebla se encuentra en el tercer lugar de producción nacional ya que en 2022 aportó 70, 875 ton aproximadamente, el municipio con mayor producción de lechuga es Quecholac, con 489 ha sembradas y 11, 736 ton cosechadas (Cuadro 3).

Cuadro 2. Principales estados productores de lechuga en el país.

Estados	Superficie sembrada (ha)	Producción (ton)
Guanajuato	7,064.00	145,708.32
Zacatecas	3,779.72	117,458.86
Puebla	3,182.76	70,875.11
Baja California	2,220.00	55,467.38
Aguascalientes	1,810.00	62,719.00
Sonora	1,019.00	27,666.00
México	858.78	12,090.65
Querétaro	739	19,636.99

Cuadro 3. Principales municipios productores de lechuga en el estado de Puebla.

Municipios	Superficie sembrada (ha)	Producción (ton)
Quecholac	489	11,736.60
Tecamachalco	385	9,476.10
Palmar de Bravo	341	8,304.80
Los Reyes de Juárez	272	6,120.42
Acatzingo	219	5,266.70
Tepeaca	181.85	2,895.35
San Nicolás Buenos Aires	180	3,677.40
Tecali de Herrera	130.1	2,152.21
San Salvador Huixcolotla	100.5	2,549.05

(SIAP, 2022)

Importancia

Importancia económica

España se encuentra como el principal exportador con 790,993 ton, seguido de México con 477,066 ton, China con 383,987 ton y Estados Unidos con 335,684 (FAO, 2022). En el año 2022 la lechuga en México obtuvo un valor de producción aproximado de 3,012,152 millones de pesos el cual fue aportado por los 21 estados productores de la república (SIAP, 2022).

Importancia culinaria

La lechuga es muy conocida a nivel mundial ya que se usa para la preparación de ensaladas, sopas y guisos, también suele ser consumida en crudo por su buen sabor y valor nutritivo, además tiene propiedades medicinales ya que tiene efectos antioxidantes, antimicrobianos, neuro-protectores e hipnóticos por lo que en su composición química se encuentran flavonoides, terpenoides y fenoles, al igual que elementos esenciales, vitaminas, minerales y sustancias orgánicas, por ello es usada en la medicina para tratar problemas estomacales e infecciones del tracto urinario (Noumedem *et al.*, 2017).

Condiciones edafoclimáticas del cultivo

La lechuga se desarrolla adecuadamente en suelos francos con buen drenaje y que el pH oscile en entre el rango de 5.5 y 6.5, en cuanto al clima, es un cultivo que se desarrolla mejor en zonas altas que se encuentren por arriba de los 1,100 msnm, tolera bajas temperaturas, aunque por otro lado las altas temperaturas demeritan su calidad y acortan su vida de anaquel, para su desarrollo adecuado es necesario que las temperaturas oscilen entre 20 y 24°C (Arias, 2009).

Principales enfermedades del cultivo

Las enfermedades fúngicas y bacterianas de la lechuga son de importancia económica donde las pérdidas se consideran de hasta un 80% a causa de hongos y un 12% causada por bacterias aproximadamente (Fucikovsky y Ortega, 1997).

Botrytis cinerea

El género *Botrytis* es uno de los taxones de hongos más antiguos y mayormente estudiados, según un análisis reciente existen más de 35 especies de *Botrytis*, de las cuales *B. cinérea* es la más conocida y estudiada, a diferencia de las demás especies de *Botrytis* que son patógenos con un rango de huéspedes no tan amplio, *B. cinérea* es un patógeno generalista capaz de infectar ampliamente más de 200 especies de plantas distintas (Bi *et al.*, 2023).

Botrytis cinerea es agente causal de la "podredumbre gris" en lechuga causando fuertes pérdidas económicas antes y después de la cosecha, el patógeno puede atacar al cultivo en cualquier etapa de desarrollo y puede invadir cualquier parte de la planta (Benito *et al.*, 2000., Sanogo *et al.*, 2019).

Clasificación taxonómica

Reino: Mycetae

División: Eucomycota

Subdivisión: Deuteromycotina

Clase: Hyphomycetes

Orden: Moniliales

Familia: Moniliaceae

Género: *Botrytis*

Especie: *B. cinerea*

(Alexopoulos y Mims, 1996).

Características morfológicas

El género *Botrytis* presenta micelio septado y quitina en la pared superior. Las características morfológicas de *B. cinérea* aislado del cultivo de fresa presentan conidióforos septados, grandes y gruesos (aproximadamente de 10 μm de diámetro) color café oscuro, ramificados en la parte distal, con ápices hinchados y pequeños esterigmas (Agrios, 2004).

Sintomatología

En lechuga provoca lesiones acuosas las cuales aparecen en las hojas o en las bases de los tallos, después conforme la enfermedad avanza, se puede observar presencia de micelio de color grisáceo sobre los tejidos parasitados perdiendo su valor comercial, el hongo comúnmente esporula excesivamente, pudiéndose observar abundantes conidióforos los cuales producen conidios, el patógeno

también es capaz de formar estructuras de resistencia nombrados esclerocios en las partes dañadas de la planta (Saavedra *et al.*, 2017). En condiciones de campo y cuando hay mucha humedad en el ambiente, los conidióforos y conidios de *Botrytis* pueden ser visibles en los tejidos de las plantas senescentes, la infección puede ocurrir principalmente en sitios donde hay heridas en las plantas (Chilvers y Toit, 2006).

Sclerotinia sclerotiorum

El "moho blanco" tienen como agente causal a *Sclerotinia sclerotiorum*, es un hongo ascomiceto altamente destructivo de muchos cultivos, tiene un rango de huéspedes bastante amplio ya que incluye a más de 400 especies de plantas principalmente dicotiledóneas, este hongo produce esclerocios, las cuales son estructuras melanizadas de larga vida que ayudan a su reproducción, estas germinan cuando existen condiciones de alta humedad, para después comenzar con la infección (Hegedus y Rimmer, 2005).

En el cultivo de lechuga *S. sclerotiorum* tienen un gran impacto en la producción ya que provoca marchites en las plantas disminuyendo el rendimiento y calidad del producto (Rudolph *et al.*, 2024). Este hongo secreta enzimas y toxinas, las cuales degradan la pared celular, como el ácido oxálico, matan las células del huésped y obtienen energía de ellas, tiene una distribución mundial y causa grandes pérdidas en diferentes cultivos de todo el mundo (Wang *et al.*, 2019).

Clasificación taxonómica

Reino: Fungi

Filo: Ascomycota

Clase: Discomycetes

Orden: Helotiales

Familia: Sclerotiniaceae

Género: *Sclerotinia*

(Bolton *et al.*, 2006).

Características morfológicas

S. sclerotium desarrolla esclerocios los cuales son estructuras duras, asexuales que se encuentran en reposo, están compuestas de células hifales que se entrelazan, pueden llegar a vivir hasta 8 años en el suelo, también varían de tamaño dependiendo donde se encuentren, pueden llegar a tener 1 cm de espesor y algunos otros exceder los 3.5cm de diámetro, en frijol solo llegan a medir de 2 a 10mm de diámetro, pueden germinar de dos formas; carpogénicamente o miceliógenamente (Erental *et al.*, 2008).

Sintomatología

La pudrición blanca es una de las enfermedades más frecuentes en el cultivo de lechuga, regularmente en la época de otoño-invierno, la infección comienza desde la raíz hacia el follaje, en el tallo se puede observar presencia de micelio y esclerocios de color blanco que después de un tiempo se tornan de color negro (Sepúlveda, 2018).

Bremia lactucae

El mildiu veloso causado por el patógeno oomiceto *Bremia lactucae* es la enfermedad más importante de la lechuga la cual disminuye la calidad comercial del cultivo, el hongo también afecta al cultivo en poscosecha, las estrategias para mitigar el problema son usando variedades resistentes, el uso de fungicidas y prácticas agronómicas que reduzcan el exceso de humedad (Parra *et al.*, 2016).

Clasificación taxonómica

Reino: Stramenopila

Phyllum: Oomycota

Clase: Oomycetes

Subclase: Oomycetidae

Orden: Peronosporales

Género: *Bremia*

Especie: *B. lactucae*

(Salazar, 2011).

Sintomatología

Los síntomas se presentan como esporas de color blanco grisáceo en las hojas y son visibles después de 8 a 14 días de infección en la planta, sin embargo, también influye la susceptibilidad de la planta y las condiciones ambientales, los factores como la temperatura, la velocidad del viento, la humedad relativa, la radiación solar, la duración de humedad en las hojas, son algunas variables que repercuten en el proceso de dispersión, esporulación e infección (Fall *et al.*, 2015).

***Erysiphe cichoracearum* L**

El mildiu polvoriento puede desarrollarse rápidamente en la lechuga en temporada de calor y condiciones ambientales secas, el cultivo es más susceptible cuando se acerca a la madurez (Matheron y Porchas, 2008). La enfermedad se caracteriza por presentar manchas pulverulentas en las hojas, las cuales contienen micelio de color blanquecino y puede cubrir ambos lados, cuando el hongo se desarrolla completamente puede cubrir la planta, manifestando otra tonalidad y causando pérdida de la calidad comercial (Godoy *et al.*, 2018).

Morfología

El micelio de *E. cichoracearum* es epífito, hialino, septado y de paredes delgadas, las hifas son un poco rectas y flexuosas, el grosor de las células de las hifas varia de 4 a 8 μm y el largo entre 40 y 90 μm , los conidióforos son largos. Los conidios son incoloros, uninucleados, unicelulares, de paredes delgadas de forma de elipsoide-ovoide a cilindrico-doliiforme. Los tubos germinales terminan en un apresorio el cual tiene forma de masa, el desarrollo del apresorio tarda entre 8 y 10 horas (Lebeda y Mieslerová, 2011).

Principales bacterias fitopatógenas que atacan al cultivo de lechuga

Xhantomonas spp.

La mancha bacteriana foliar de la lechuga causada por *Xhantomonas* apareció por primera vez en los Estados Unidos hace más de 100 años en el estado de Carolina del Sur, a la enfermedad le favorece las condiciones cálidas y húmedas, también se ve favorecida en donde hay cultivares de lechuga donde los suelos tienen gran cantidad de materia orgánica, no se tiene el conocimiento concreto de su propagación sin embargo se cree que el principal vector es la semilla infestada (Manzanero *et al.*, 2022).

Morfología

Bacteria con bacilos rectos, con un tamaño de aproximadamente 0.4 a 0.7 x 0.7 a 1.8 micras, su movilidad se debe a que tiene un flagelo polar, es una bacteria gran negativa, aerobia, la temperatura para su desarrollo adecuado es de 25 a 30°C, las colonias normalmente son amarillas de bordes lisos y viscosas (Garces, 1996).

Síntomas

Las manchas normalmente son angulares esto debido a la limitación de las venas de las hojas, el color por lo regular es uniforme y no se encuentran signos de patógenos vegetales, al inicio, el tejido puede parecer mojado, pero conforme pasa el tiempo se seca y puede llegar a tener parentesco a papel (Riley *et al.*, 2002).

Pseudomonas spp.

Patógeno que inicialmente se alimenta de tejidos vegetales vivos y luego causa la muerte de las células, *Pseudomonas* puede transmitirse, a través de agua, semillas, insectos y restos de plantas infectadas, una vez dentro de la planta puede multiplicarse y producir toxinas que dañan los tejidos de la planta, las plantas infectadas pueden presentar síntomas característicos, como decoloración en las hojas, manchas necróticas en los frutos, es caracterizada por la capacidad que tiene de solo infectar partes específicas de las plantas, como frutos y tejidos foliares (Yang *et al.*, 2023). Se desarrollan en un pH neutro y no crecen en condiciones ácidas, la temperatura óptima para su desarrollo es de 25 a 30°C, sin embargo, pueden crecer desde 5 a 42°C (Pérez *et al.*, 2015).

Morfología

Bacteria gram negativa, puede tener forma de barras rectas o curvas, llega a tener 1 o varios flagelos polares, el tamaño aproximado es de 0.3 a 1.0 x 1.5 a 4.0 µm, es muy común que la bacteria habite en el suelo (Contreras, 2015).

Sintomatología

Tiene varios huéspedes, en lechuga provoca la mancha de barniz (también conocida como pudrición de la nervadura central), desarrolla lesiones necróticas de color marrón oscuro en las hojas internas, especialmente en lechugas que forman cabezas, algunas veces también se llega a apreciar en nervaduras centrales y a lo largo de las venas, ingresa a la planta a través de las estomas y se desarrolla entre la epidermis y el mesófilo (Zboraslki *et al.*, 2022). Los daños pueden ser graves y generalmente resultan en la pérdida del cultivo, la enfermedad puede aparecer regularmente en lechugas que se acercan a la cosecha (Cottyn *et al.*, 2009).

Pectobacterium sp. (Erwinia)

Fue descrita como *Erwinia carotovora* por Jones 1901, es una de las enfermedades de mayor importancia en las hortalizas, ya que causa pudriciones en campo, durante el almacenamiento y hasta en el transporte (Nazerian *et al.*, 2013).

Morfología

Es una bacteria anaerobia facultativa, gram negativa con bastones rectos, tiene flagelos peritricos, el tamaño es de 0.5 a 1.0x 1.5 a 3µm aproximadamente. Algunas especies de *Erwinia* producen enzimas peptolíticas y causan pudriciones blandas en las plantas (como el grupo *carotovora*), sin embargo, algunas no producen enzimas y causan marchitamientos o manchas necróticas (Contreras, 2015).

Síntomas

Los síntomas más característicos se presentan en la base del tallo, donde se aprecia una pudrición blanda acuosa, conforme el tiempo pasa los tejidos se

desprenden fácilmente, dejando expuestos los tejidos vasculares, la planta se marchita completamente y la raíz se desprende cuando la planta se arranca del suelo, las plantas infectadas mueren en un lapso de 5 a 7 días, las temperaturas húmedas y climas templados influyen en cuanto a incidencia y severidad del marchitamiento (Estrada *et al.*, 2000).

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del experimento

El trabajo de investigación se desarrolló en el laboratorio de Toxicología del Departamento de Parasitología, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN).

Obtención de muestras

Las muestras fueron tomadas de una parcela de lechuga cultivada a cielo abierto, en enero del 2023 en el municipio de Quecholac, Puebla. Específicamente en Palmarito Tochapan, con coordenadas 18°54'45.5" latitud Norte y 97°38'32.2" longitud oeste, el muestreo fue dirigido a plantas que presentaban coloración amarillenta, achaparramiento, y síntomas de marchitamiento, posteriormente fueron colocadas en bolsas de plástico, se sellaron y se colocaron en una hielera para después ser transportadas a la universidad y llevarlas al laboratorio de Toxicología.

Aislamiento y purificación de fitopatógenos

Los medios de cultivo utilizados fueron Papa-Dextrosa-Agar (PDA) y Agar Nutritivo (AN), los medios se prepararon con forme a las indicaciones de la etiqueta del producto, una vez preparados se llevaron a la autoclave para ser esterilizados a 15 libras de presión (a una temperatura de 121°C) por 15 minutos. Se dejaron enfriar y se vaciaron en cajas Petri bajo la campana de flujo laminar en condiciones de asepsia, se dejaron reposar por 24 horas para que el medio solidificara y posteriormente ser utilizados.

Para el aislamiento se lavaron las raíces de las plantas con agua corriente para eliminar exceso de suelo, se observó e identificó el tejido dañado y sano para realizar cortes de 0.5 a 1 cm con ayuda de un bisturí estéril. Para la desinfección

del tejido se utilizó hipoclorito de sodio al 1% por un minuto y posteriormente se enjuagaron en dos ocasiones en agua destilada estéril, las muestras se colocaron en toallas de papel estéril para eliminar el exceso de humedad, se sembraron en cajas Petri adicionadas con los medios de cultivo y se incubaron a una temperatura de $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$.

Transcurridas 48 horas después de la siembra se realizó la purificación de hongos mediante la técnica de punta de hifa en medio de cultivo PDA, así como la purificación de las bacterias con técnica de estría simple en el medio de cultivo Agar Nutritivo.

Identificación morfológica de hongos

Los aislamientos se identificaron de acuerdo con sus características morfológicas mediante preparaciones en portaobjetos con azul de lactofenol para teñir las estructuras y micelio. La visualización se realizó a 4x, 10x y 40x en un microscopio óptico (Motic) y con ayuda de una cámara de microscopio digital y software Dino-lite utilizando las claves del manual de Barnett y Hunter (1998) y Leslie y Summerell (2006).

Identificación molecular de hongos

La extracción de ADN de las cepas de hongos se realizó mediante el método de Doyle y Doyle (1990) modificado, el producto de extracción fue visualizado en un gel de agarosa al 1% mediante electroforesis. La reacción en cadena de la polimerasa (PCR) se realizó a diferentes condiciones (Cuadro 4) utilizando el par de iniciadores de secuencia ITS1 (TCCGTAGGTGAACCTGCGG) e ITS4 (TCCTCCGCTTATTGATATGC), el producto obtenido fue visualizado en un gel de agarosa al 1% mediante electroforesis y posteriormente se mandaron secuenciar en dos direcciones (5'-3' y 3'-5'), al Laboratorio Nacional de Biotecnología Agrícola, Médica y Ambiental (LANBAMA) del Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A.C. los resultados obtenidos se compararon en el banco de genes del

NCBI (National Center for Biotechnology Information), mediante el programa BLAST.

Cuadro 4. Programas de reacción de PCR, utilizados para la identificación molecular de los hongos aislados.

Paso del programa	Tiempo	Temperatura	Numero de ciclos
Desnaturalización inicial	5 minutos	94°C	1
Desnaturalización	10 segundos	95°C	
Alineamiento	30 segundos	57°C	30
Extensión	2 minutos	72°C	
Extensión final	5 minutos	72°C	1

Identificación de bacterias fitopatógenas

Tinción de Gram

Se realizó en la campana de flujo laminar en condiciones de asepsia, con un asa bacteriológica se tomó una gota de agua y se colocó sobre el portaobjetos, después con la misma se tomó una pequeña muestra de la colonia de bacterias para posteriormente colocarla sobre el portaobjetos, se mezcló en el agua hasta formar una suspensión y así preparar un frotis, las muestras se dejaron secar y se adicionaron con una solución de cristal violeta transcurrido un minuto se decantó la solución y se agregó solución de lugol sobre el frotis, el cual se dejó reposar por un minuto posteriormente se decantó y se enjuago el portaobjetos con etanol en forma de goteo constante durante 30 segundos, se realizó un segundo enjuague, con agua destilada para finalmente agregar una solución de safranina, la cual se dejó actuar por 30 segundos, se decantó el colorante, se dejó secar y se observó al microscopio a 40x y 100x (Rodríguez, 2006).

Tinción de flagelos

Se realizó en la campana de flujo laminar, se colocó una gota de agua destilada estéril sobre el extremo de un portaobjetos, se tomó con un aza bacteriológica el crecimiento bacteriano y se agregó a la gota de agua formando una suspensión, después se inclinó el portaobjetos logrando que la suspensión se deslizara de un extremo a otro, se dejó secar al aire, se agregaron algunas gotas de mordente, cubriendo todo el recorrido de la gota y se dejó actuar por 5 min, una vez transcurrido el tiempo se decantó y enjuago con agua destilada evitando que el agua cayera de golpe sobre la preparación, se adicionó una solución de cristal violeta la cual cubrió toda la preparación y se dejó actuar por 2 minutos, finalmente se decantó y enjuagó con agua destilada, se dejó secar al aire libre y se procedió a observar al microscopio a 40x y 100x (Rodríguez, 2006).

Siembra de bacterias en medios de cultivo diferenciales (KB, YDC, CT)

Las bacterias se sembraron en medios diferenciales Medio King B (KB) y levadura, dextrosa, carbonato de calcio (YDC) el método de preparación se realizó de acuerdo con las indicaciones del fabricante.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Identificación morfológica de los hongos

Se obtuvieron 11 aislados de los cuales el 90.9% se identificaron como *Fusarium oxysporum* y únicamente el 9.09% como *Alternaria alternata*, todos afectando diferentes partes de la planta (Cuadro 5).

Cuadro 5. Hongos aislados de las diferentes partes de las plantas con síntomas de marchitamiento.

Localidad	Género/ especie	No. de aislamientos	Tejido aislado
	<i>Fusarium oxysporum</i>	4	Raíz
Palmarito	<i>Fusarium oxysporum</i>	2	Hoja
Tochapan,	<i>Fusarium oxysporum</i>		
Quecholac, Puebla	<i>Alternaria sp.</i>	1	Hoja
	<i>Fusarium oxysporum</i>	4	Tallo

Fusarium oxysporum

La mayoría de las cepas obtenidas de *F. oxysporum* sembradas en el medio de cultivo PDA, presentaron un micelio abultado, algodonoso de coloración blanca, sin embargo, conforme al paso del tiempo fueron cambiando las tonalidades a un color rosa claro, y algunas otras un tono más oscuro, de color morado-purpura estos resultados concuerdan con lo reportado por Retana *et al.*, (2018), en cuanto a las características microscópicas se observó la presencia de macroconidias hialinas, con tres septos, con 15.6-36.5 μm de largo por 2.5-3.3 μm de ancho y abundante producción de microconidias, características típicas de *F. oxysporum* (Leslie y Summerell, 2006).

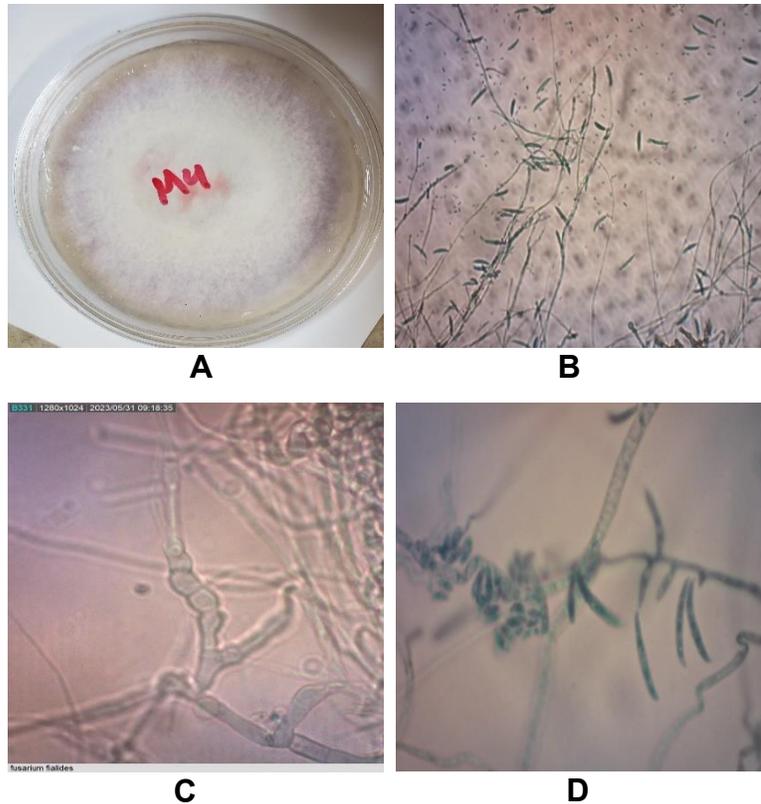


Figura 1. Características morfológicas de *Fusarium oxysporum* en medio de cultivo PDA. A) micelio color blanco-purpura algodonoso, B) hifas, macroconidias y microconidias, C) clamidiosporas intercalares, D) macroconidias.

Alternaria alternata

Las cepas de *Alternaria* en el medio de cultivo PDA presentaron micelio algodonoso, medianamente aplanado, de coloración gris a oscura con el paso del tiempo, al reverso de la caja el medio de cultivo tomo una coloración negra, estas características coinciden con lo reportado por Fabrega *et al.*, (2002), microscópicamente el aislamiento presentó conidios ovoides, café, septados con forma de raqueta, con una longitud entre 11.3-25.6 μm y 5.6-10.4 μm de ancho, descripción similar a lo reportado para el género *Alternaria* según Barnett y Hunter (1998).

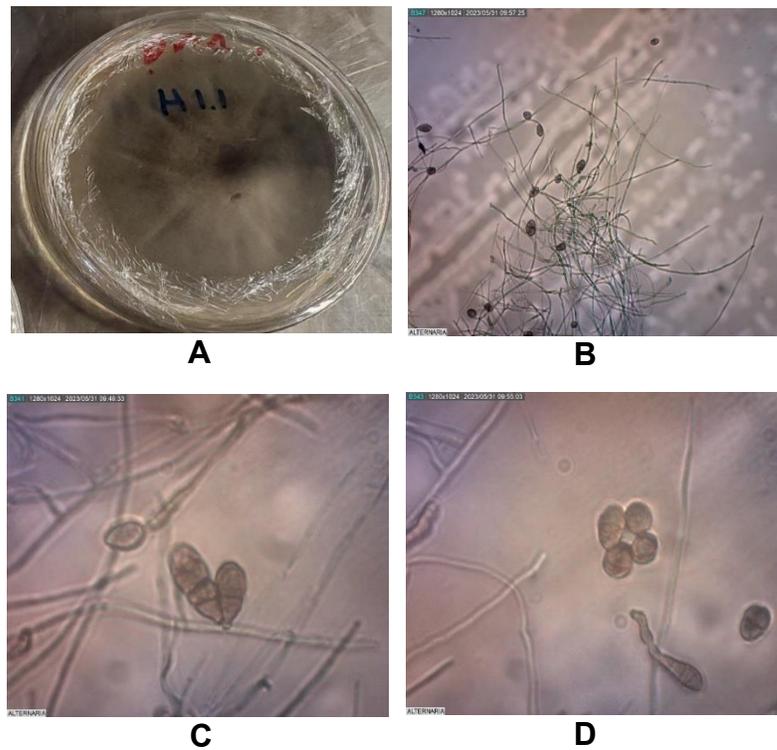


Figura 2. Características morfológicas de *Alternaria sp.* En medio PDA. A) micelio con coloración negro-gris medianamente algodonoso, B) hifas con conidias, C, D) conidias septadas.

Identificación molecular

En la figura (3) se observan los productos obtenidos de las reacciones de PCR de cuatro cepas y un testigo positivo, con un peso aproximado de 500pb.

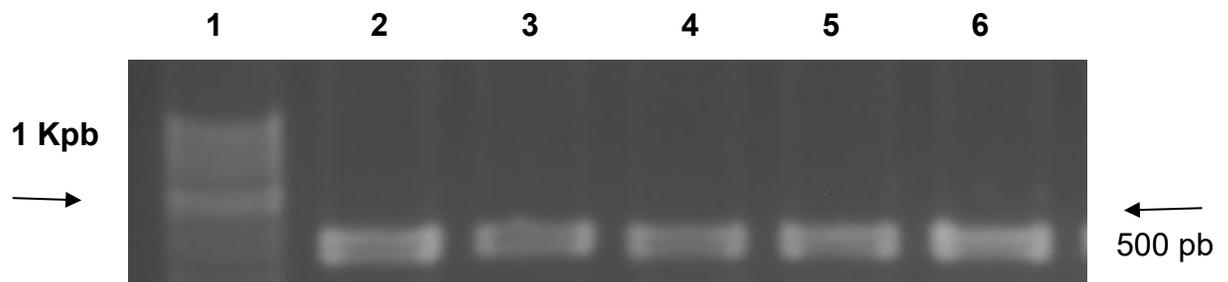


Figura 3. Gel de agarosa de productos de PCR obtenidos a partir de ADN de *F. oxysporum* y *Alternaria sp.*

De acuerdo con la secuenciación de las regiones ITS1 e ITS4 y la comparación de las secuencias en el banco de genes (Genbank) corroboramos la identidad de tres cepas de *F. oxysporum* y una de *A. alternata*. (Cuadro 6).

Cuadro 6. Identificación molecular de aislamientos de las secuencias presentadas en el GenBank.

Cepa	Especie	% similitud	Número de acceso
1	<i>Fusarium oxysporum</i>	100%	MT448905
2	<i>Fusarium oxysporum</i>	99.80%	MW016600
3	<i>Alternaria alternata</i>	99.81%	FJ809940
4	<i>Fusarium oxysporum</i>	99.80%	MK370684

F. oxysporum fue descrito por primera vez por Matuto y Motashi (1967) en Japón, como causante de la pudrición de raíz en lechuga, y desde entonces se convirtió en un problema para los productores (Gordon y Koike 2015), los síntomas en campo son marchitez, achaparramiento y amarillamiento, en las raíces provoca una coloración rojiza y café, ocasionando la destrucción de los haces vasculares, los síntomas iniciales se pueden observar a los primeros 30 días de edad (Garibaldi *et al.*, 2007); se ha reportado que en cultivos en Florida la muerte de plantas ocurre entre los primeros 30 a 60 días después de la siembra con una incidencia de hasta un 90% Murray *et al.*, (2020), sin embargo, Pérez y Sebastián (2023) reportan estos síntomas y además mencionan la presencia de chancros. Malbran *et al.*, (2014) señalan los mismos daños en lechugas cultivadas bajo condiciones de invernadero. Estos síntomas coinciden con los observados en las muestras utilizadas para esta investigación. Gordon y Koike (2015). Mencionan los factores que favorecen el desarrollo de la enfermedad, siendo la temperatura ambiente, la susceptibilidad del cultivo y la densidad del inóculo en el suelo los más importantes.

El patógeno *F. oxysporum* ha sido reportado afectando el cultivo de lechuga en diferentes países como Argentina, Arizona, Brasil e Italia (Matheron y Koike 2003; Ventura y Costa 2008; GA *et al.*, 2014; Gilardi *et al.*, 2019), en México no existen

reportes de afectaciones por este hongo en el cultivo, sin embargo, se ha aislado a *F. solani* en suelo donde se cultiva lechuga en el estado de Puebla (Saez, 2015).

Fusarium oxysporum ataca variedad de cultivos provocando síntomas similares, Elmer, (2015) reporta que en plantas de espárrago suelen aparecer daños como tallos amarillos, clorosis seguida por necrosis la cual termina matando al tallo, con el tiempo los tejidos sanos se infectan y toda la corona muere. *F. oxysporum* es el principal patógeno fúngico en sandía y los síntomas más característicos son marchites y necrosis vascular Vargas *et al.*, (2023). Este patógeno además de afectar cultivos hortícolas afecta a ornamentales, frutales, cereales y forestales (Martin y Johnston, 2009; Moraga-Suazo, 2011; Gullinoa *et al.*, 2015).

El hongo *Alternaria alternata*. provoca manchas en las hojas de lechuga, este hongo suele transmitirse por las semillas (Muñiz *et al.*, 2018), estos resultados concuerdan con los síntomas observados en las muestras utilizadas donde se aisló a la cepa de *A. alternata*. En 2014 en el estado de California Koike *et al.*, (2017) reportaron plantas de lechuga infectadas por *A. dauci*, la cual presentaba síntomas de manchas redondas y ovaladas, de 2 a 4 mm de diámetro de color blanco a tostado y con borde marrón. Shi *et al.*, (2019) reportan a *A. brassicae* y *A. tagetica* como agentes causales de la pudrición de raíz en lechuga.

Identificación morfológica de bacterias

Se obtuvieron dos aislados de bacterias con diferentes características morfológicas y bioquímicas descritas en el cuadro (7). Además, presentaron diferentes tipos de crecimiento en los medios de cultivo diferenciales, identificando con ello a *Pseudomonas sp.* y *Xhantomonas sp.* cuadro (8), características reportadas para estos géneros según Garces *et al.*, (1996) y Hébert *et al.*, (2021).

Pauwelyn *et al.*, (2010) mencionan que *Pseudomonas* provoca síntomas como manchas y pudrición del nervio central de la lechuga, por lo cual se le nombra mancha de barniz o alquitrán. Hikichi *et al.*, (2013) reportan que esta bacteria invade los espacios intercelulares de las hojas a través de las estomas provocando pudrición. Los síntomas típicos de *Xhantomonas* son pequeñas lesiones húmedas

en las hojas que después se vuelven necróticas, afecta a la planta ya que reduce calidad y rendimiento (Morinière *et al.*, 2020). En Arabia Saudita en el año 2008 se reporta por primera vez a *X. campestris* por Salehy y Ibrahim (2008), quienes mencionan síntomas como lesiones pequeñas, irregulares de tamaño de 2 a 5 mm de diámetro aproximadamente, con coloración verde pálido a negra.

Cuadro 7. Características generales para la diferenciación de bacterias.

Colonia	Tinción de Gram	Tinción de flagelos	Catalasa	Oxidasa	Forma
Cepa 1	Negativa	1 flagelo polar	Positiva	Negativo	Bacilos
Cepa 2	Negativa	Varios flagelos peritricos	Positiva	Positiva	Bacilos

Cuadro 8. Características de bacterias en medios diferenciales

Colonia	Crecimiento en KB	Crecimiento en YDC	Crecimiento en CT
Cepa 1 <i>Xhantomonas sp.</i>	Negativa	Colonia amarilla, viscosa	Positiva
Cepa 2 <i>Pseudomonas sp.</i>	Presencia de fluorescencia	Negativa	Negativa

CONCLUSIONES

- A partir de los diferentes aislamientos en el cultivo de lechuga con síntomas de marchitamiento, amarillamiento y pudrición radicular, se aislaron e identificaron cepas de *F. oxysporum*, *A. alternata*, *Pseudomonas sp.* y *Xhantomonas sp.*
- El principal género presente fue *F. oxysporum* con más del 70% de aislados obtenidos en diferentes partes de la planta.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- Agrios, G. N. 2004. Fitopatología. Limusa. México. 638 p.
- Alexopoulos, C. J., C. W. Mims and M. Blackwell. 1996. Introductory Micology. John Wiley Sons, Inc. Fourt edition. New York, U.S.A. 865 pag.
- Al-Salehy, M. e Ibrahim, Y. (2008). Primer informe de mancha bacteriana foliar de lechuga (*Lactuca sativa*) causada por *Xanthomonas campestris* pv. vicianos en Arabia Saudita. *Enfermedad de las plantas*, 93 (1), 107-107.
- Arias, S. (2009). *Manual de Producción de lechuga*. Cuenta del Desafío del Milenio de Honduras.
- Barnett, H. & Hunter, B. B. (1998). Illustrated Genera of Imperfect Fungi. In Transactions of the British Mycological Society. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0007-1536\(55\)80058-7](https://doi.org/10.1016/s0007-1536(55)80058-7)
- Benito, E. P., Arranz, M., & Eslava, A. (2000). Factores de patogenicidad de *Botrytis cinerea*. *Revista Iberoamericana de Micología*, 17(1), s43-s46.
- Bi, K., Liang, Y., Mengiste, T., & Sharon, A. (2023). Killing softly: A roadmap of *Botrytis cinerea* pathogenicity. *Trends in plant science*, 28(2), 211-222.
- 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.
- Canairca Pérez & Juan Sebastián (2023). La Fusariosis vascular de la lechuga y el estudio de su impacto económico en las producciones de lechuga de Albacete | Archivo Digital UPM. DOI: <https://oa.upm.es/73351/>
- Carrasco Silva, G., & Sandoval Briones, C. (2016). *Manual práctico del cultivo de la lechuga*. Ediciones Mundi-Prensa.
- Cedillo Portugal, E., Martínez Hernández, L. P., Padilla Martínez, C. M., & Rodríguez Terán, M. A. (2021). Manual De Produccion De Lechuga Bajo Invernadero.

- Chilvers, M. I., and du Toit, L. J. 2006. Detection and identification of *Botrytis* species associated with neck rot, scape blight, and umbel blight of onion. Online. Plant Health Progress doi:10.1094/PHP-2006-1127-01-DG.
- Contreras M. J. (2015) Bacterias fitopatógenas DOI: <https://es.slideshare.net/HansJc/bacterias-fitopatogenas-46123478>
- Cottyn, B., Heylen, K., Heyrman, J., Vanhouteghem, K., Pauwelyn, E., Bleyaert, P., ... & Maes, M. (2009). *Pseudomonas cichorii* as the causal agent of midrib rot, an emerging disease of greenhouse-grown butterhead lettuce in Flanders. *Systematic and applied microbiology*, 32(3), 211-225.
- Elmer, W. H. (2015). Management of *Fusarium* crown and root rot of asparagus. *Crop Protection*, 73, 2-6. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2014.12.005>
- Erental, A., Dickman, M. B., & Yarden, O. (2008). Sclerotial development in *Sclerotinia sclerotiorum*: awakening molecular analysis of a “Dormant” structure. *Fungal Biology Reviews*, 22(1), 6-16.
- Fabrega, A., Agut, M., & Calvo, M. A. (2002, November). El género *Alternaria*: Características morfológicas y capacidad de producción de micotoxinas. In *Anales de la Real Academia de Doctores* (Vol. 6, pp. 357-367).
- Fall, M. L., Van Der Heyden, H., Beaulieu, C., & Carisse, O. (2015). *Bremia lactucae* Infection Efficiency in Lettuce is Modulated by Temperature and Leaf Wetness Duration Under Quebec Field Conditions. *Plant Disease*, 99(7), 1010-1019.
- FAOSTAT. (2021). Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>
- Fucikovsky, L., & Ortega, S. (1997). Bacterial and fungal diseases of lettuce (*Lactuca sativa* L.) in the state of Mexico, Mexico. *Pseudomonas Syringae Pathovars and Related Pathogens*, 45-48.

- Garcés de Granada, E., Coba De Gutierrez, B., & Castillo O., N. I. (1996). *Identificación De Bacterias Fitopatógenas*. Colombia: Imprenta Universidad Nacional Santafé de Bogotá, D.C., Colombia.
- GarcíaEstrada, R. S., JuárezReyes, C., CarrilloFasio, J. A., AllendeMolar, R., MárquezZequera, I., & MuyRangel, M. D. (2000). Marchitez Bacteriana en Chile Bell Causada por *Erwinia carotovora* subsp *carotovora*. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 18(2), 120- 124
- Garibaldi, A., Gilardi, G., & Gullino, M. L. (2007). First Report of *Fusarium oxysporum* on Lettuce in Europe. *Plant Disease*, 86(9), 1052. DOI:<https://doi.org/10.1094/pdis.2002.86.9.1052b>
- Gilardi, G., Garibaldi, A., Matic, S., Senatore, M. T., Pipponzi, S., Prodi, A., & Gullino, M. L. (2019). First report of *Fusarium oxysporum* f. sp. lactucae race 4 on lettuce in Italy. *Plant disease*, 103(10), 2680-2680.
- Godoy, P., Zolezzi, M., Sepúlveda, P., Estay, P., & Chacón, G. (2018). Manual de campo: Principales plagas y enfermedades en lechuga, tomate y cebolla.
- Gordon, T. R., & Koike, S. T. (2015). Management of *Fusarium* wilt of lettuce. *Crop Protection*, 73, 45-49. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2015.01.011>
- Grogan, R. G., Misaghi, I. J., Kimble, K. A., Greathead, A. S., Ririe, D., & Bardin, R. (1977). Varnish spot, destructive disease of lettuce in California caused by *Pseudomonas cichorii*. *Phytopathology*, 67(8), 957-960.
- Gullino, M. L., Daughtrey, M. L., Garibaldi, A., & Elmer, W. H. (2015). *Fusarium* wilts of ornamental crops and their management. *Crop Protection*, 73, 50-59.
- Hébert, P.-O., Laforest, M., Xu, D., Ciotola, M., Cadieux, M., Beaulieu, C., et al. (2021). Caracterización genotípica y fenotípica del patógeno bacteriano de la lechuga *Xanthomonas hortorum* pv. *Poblaciones de vicianos recolectadas en Quebec. Canadá. Agronomía* 11:2386. DOI:10.3390/agronomía11122386

- Hegedus, D. D., & Rimmer, S. R. (2005). *Sclerotinia sclerotiorum*: when “to be or not to be” a pathogen *FEMS microbiology letters*, 251(2), 177-184.
- Hikichi, Y., Wali, U. M., Ohnishi, K., & Kiba, A. (2013). Mechanism of disease development caused by a multihost plant bacterium, *Pseudomonas cichorii*, and its virulence diversity. *Journal of general plant pathology*, 79, 379-389.
- J.A.K. Noumedem, D.E. Djeussi, L. Hritcu, M. Mihasan, V. Kuete, Chapter 20 - *Lactuca sativa*, Editor(s): Victor Kuete, Medicinal Spices and Vegetables from Africa, Academic Press, 2017, Pages 437-449
- Jaime, J. G. (2007). Aportes al manejo integrado de plagas en cultivos ecológicos de hortalizas con énfasis en cultivos de lechuga. Editorial Tadeo Lozano.
- Jaramillo, J. E. (2001). El manejo agronómico de cultivos como herramienta de Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades tendientes a la producción limpia de hortaliza. *Hortalizas: plagas y enfermedades. Compendio de eventos*, 1, 5-21.
- Koike, S. T., Smith, R. F., Cahn, M. D., & Pryor, B. M. (2017). Association of the carrot pathogen *Alternaria dauci* with new diseases, alternaria leaf speck, of lettuce and celery in California. *Plant Health Progress*, 18(2), 136-143.
- Lebeda, A. y Mieslerová, B. (2011). Taxonomía, distribución y biología del oídio de la lechuga (*Golovinomyces cichoracearum* sensu stricto). *Fitopatología*, 60 (3), 400-415.
- Leslie, J.F., y Summerell, B.A. 2006. The *Fusarium* Laboratory Manual. The *Fusarium* Laboratory Manual.
- Lori GA, Malbrán I, Mourellos CA. First Report of *Fusarium* Wilt of Basil Caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. basilici in Argentina. *Plant Dis*. 2014 Oct;98(10):1432. DOI: 10.1094/PDIS-03-14-0243-PDN. PMID: 30703989.
- Malbrán I, Mourellos CA, Mitidieri MS, Ronco BL, Lori GA. *Fusarium* Wilt of Lettuce Caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. lactucae in Argentina. *Plant Dis*. 2014 Sep;98(9):1281. DOI: 10.1094/PDIS-04-14-0372-PDN. PMID: 30699658.

- Manzanero, B., Sandoya, G., & Otero, D. C. (2022). La Mancha Foliar Bacteriana: Un Enemigo Impredecible para la Industria de la Lechuga de Florida: HS1445/HS1412s, 9/2022. *EDIS*, 2022(4).
- Maroto Borrego, J. V. (2002). Horticultura herbácea especial (Edición 2002). Madrid: Mundiprensa.
- Matheron ME, Koike ST. First Report of Fusarium Wilt of Lettuce Caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. lactucae in Arizona. *Plant Dis.* 2003 Oct;87(10):1265. DOI: 10.1094/PDIS.2003.87.10.1265C. PMID: 30812741.
- Morató, M. G. (2000). Principales plagas en el cultivo de la lechuga: pulgones y orugas (y II). *Vida rural*, (111), 46-48.
- Morinière, L., Burlet, A., Rosenthal, ER, Nesme, X., Portier, P., Bull, CT, ... y Bertolla, F. (2020). Aclarar la taxonomía del agente causal de la mancha bacteriana de la hoja de lechuga mediante un enfoque polifásico revela que *Xanthomonas cynarae* Trébaol et al. enmienda de 2000. Timilsina et al. 2019 es un sinónimo heterotípico posterior de *Xanthomonas hortorum* Vauterin et al. 1995. *Microbiología sistemática y aplicada*, 43 (4), 126087.
- Moraga-Suazo, P., Opazo, A., Zaldúa, S., González, G., & Sanfuentes, E. (2011). Evaluación de *Trichoderma spp.* y *Clonostachys spp.* Cepas para el control de *Fusarium circinatum* en plántulas de *Pinus radiata*. *Revista chilena de investigaciones agrícolas*, 71 (3), 412.
- Muniz, P. H. P. C., Marques, M. G., Peixoto, G. H. S., Simao, K. G., & Carvalho, D. D. C. (2018). Morphological characterization of *Alternaria alternata* associated on iceberg lettuce seeds cv.'Astra'. *Revista de Agricultura Neotropical*, 5(1), 82-86.
- Murray, J. J., Raid, R. N., Miller, C. F., & Sandoya, G. V. (2020). First Report of *Fusarium oxysporum* f. sp. lactucae Causing Vascular Wilt of Lettuce in Florida. *Plant Disease*, 104(11), 3069. DOI: <https://doi.org/10.1094/pdis-12-19-2625-pdn>

- Nazerian, E., Sijam, K., Meor Ahmad, Z. A., & Vadamalai, G. (2013). Characterization of *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* as a new disease on Lettuce in Malaysia. *Australasian Plant Disease Notes*, 8, 105-107.
- Parra, L., Maisonneuve, B., Lebeda, A., Schut, J., Christopoulou, M., Jeuken, M., ... & Michelmore, R. (2016). Rationalization of genes for resistance to *Bremia lactucae* in lettuce. *Euphytica*, 210, 309-326.
- Pauwelyn, E., Vanhouteghem, K., Cottyn, B., De Vos, P., Maes, M., Bleyaert, P., & Höfte, M. (2011). Epidemiology of *Pseudomonas cichorii*, the cause of lettuce midrib rot. *Journal of Phytopathology*, 159(4), 298-305.
- Pérez Álvarez, S., Coto Arbelo, O., Echemendía Pérez, M., & Ávila Quezada, G. (2015). *Pseudomonas fluorescens* Migula, control biológico o patógeno: *Pseudomonas fluorescens*, biological control or pathogen. *Revista de Protección Vegetal*, 30(3), 225-234
- RA Martin y HW Johnston (2006) Efectos y control de las enfermedades por *Fusarium* de los cereales en las provincias atlánticas, Canadian Journal of Plant Pathology, 4:2, 210-216, DOI:[10.1080/07060668209501327](https://doi.org/10.1080/07060668209501327)
- Retana, K., Ramírez-Coché, J. A., Castro, O., & Blanco-Meneses, M. (2018). Caracterización morfológica y molecular de *Fusarium oxysporum* f. sp. *apii* asociado a la marchitez del apio en Costa Rica. *Agronomía costarricense*, 42(1), 115-126.
- Riley, M.B., M.R. Williamson, & O. Maloy. (2002). Plant disease diagnosis. Spanish translation by Jose Carlos Ureta R., 2016. The Plant Health Instructor. DOI:10.1094/PHI-I-2002-1021-01.
- Rodríguez Mejía, M. d. (2006). manual para la identificación de bacterias fitopatógenas. En *manual para la identificación de bacterias fitopatógenas* (págs. 38-40). México.

- Rudolph, R. E., Dixon, E., Munir, M., Leonberger, K., Pettigrew, K., Polo, M., ... & Gauthier, N. A. (2024). Potential for Cultural Management of Lettuce Drop (*Sclerotinia sclerotiorum*) in High Tunnels Through Modification of Soil Moisture, Planting Date, and Cultivar. *Plant Health Progress*, PHP-07.
- Ruiz, G. A. P., Tarragó, J. R., & Álvarez, R. E. (2017). Principios activos de bajo período de carencia para el control de plagas y enfermedades en verduras de hoja. *Agrotecnia*, (26), 17-22.
- Saavedra, G., Corradini, F., & Antúnez, A. (2017). Manual de producción de lechuga.
- Saes Gomez , K. C. (octubre 2015). Distribución del género *Fusarium* y *Aspergillus* en ambientes naturales de Puebla y Tlaxcala. Puebla.
- Salazar Ordaz, L. (2011). *Identificación de razas de Bremia lactucae* y caracterización de variedades de lechuga (Master's thesis).
- Sanogo, S., Dura, S., Lujan, P., Barraza, J., & Kapran, B. (2019). Occurrence of *Botrytis* crown rot caused by *Botrytis cinerea* in lettuce in southern New Mexico.
- Sepúlveda R., R., Centro Regional INIA La Platina. (2018). Manejo integrado de plagas y enfermedades: pudrición blanca. Instituto de investigaciones agropecuarias INIA.
- SIAP. 2016. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. Lo que no conocías de la lechuga.
- Recuperado en: <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/lo-que-no-conocias-de-la-lechuga#:~:text=Las%20lechugas%20de%20color%20verde,que%20aumenta%20sus%20propiedades%20sedantes> (Fecha de consulta: 15 de junio de 2023)
- SIAP. 2019. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. Conozcamos un poco más sobre... la lechuga. Recuperado en:

<https://www.gob.mx/agricultura/articulos/conozcamos-un-poco-mas-sobre-la-lechuga?idiom=es> (Fecha de consulta: 5 de junio de 2023)

SIAP. 2021. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. Al alza, producción y exportación de lechuga mexicana Recuperado en <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/al-alza-produccion-y-exportacion-de-lechuga-mexicana?idiom=es> (Fecha de consulta: 25 de abril de 2023)

Stefanova, M., & Hernández, Y. (1999). Nueva bacteriosis en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en Cuba. *Ceiba*, 40(2), 269-272.

Vargas-Arispuro, Irasema, Ramírez-Bustos, Irene Iliana, Arratia-Castro, Alda Alejandra, Bárcena-Santana, Daniel, & Fernández-Herrera, Ernesto. (2023). Primer reporte de *Fusarium oxysporum* f. sp. niveum raza 1 como agente causal de la marchitez vascular de la sandía en México. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 29(3), 47-57. Epub 26 de janeiro de 2024. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2022.11.014>

Ventura JA, Costa H. Fusarium Wilt Caused by *Fusarium oxysporum* on Lettuce in Espirito Santo, Brazil. *Plant Dis.* 2008 Jun;92(6):976. DOI: 10.1094/PDIS-92-6-0976C. PMID: 30769761.

Vera Mosquera, JN. 2008. adaptación y comportamiento agronómico de diferentes híbridos de lechuga (*Lactuca sativa* L.) sembradas mediante sistemas hidropónicos de raíz flotante en la zona de Babahoyo. Tesis Ing. Agr. Babahoyo, EC, UTB. 71p.

Wang, Z., Ma, L. Y., Cao, J., Li, Y. L., Ding, L. N., Zhu, K. M., ... & Tan, X. L. (2019). Recent advances in mechanisms of plant defense to *Sclerotinia sclerotiorum*. *Frontiers in Plant Science*, 10, 1314.

Yang, P., Zhao, L., Gao, YG y **a, Y. (2023). Detección, diagnóstico y manejo preventivo del patógeno vegetal bacteriano *Pseudomonas syringae*. *Plantas*, 12 (9), 1765.

Zboralski, A., Biessy, A., Ciotola, M., Cadieux, M., Albert, D., Blom, J. y Fillion, M. (2022). Aprovechar la diversidad genómica de cepas de *Pseudomonas* contra patógenos bacterianos de la lechuga. *Fronteras en Microbiología*, 13, 1038888.