UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA

COLEGIO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

TESIS

"EFECTO DE CUBIERTA DE AGRIBÓN (*POLIPROPILENO*) EN EL CONTROL DE ENFERMEDADES EN EL CULTIVO DE CEBOLLA (*Allium cepa* L.)"

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

PRESENTA:
FAUSTO GAXIOLA SERRANO

DIRECTOR DE TESIS:
DR. GUADALUPE ALFONSO LÓPEZ URQUÍDEZ

CODIRECTOR DE TESIS:
DR. MARTÍN ABRAHAM TIRADO RAMÍREZ

CULIACÁN, SINALOA, MÉXICO, AGOSTO DE 2024

Universidad Autónoma de Sinaloa

Dirección General de Bibliotecas

Repositorio Institucional Buelna

Restricciones de uso

Todo el material contenido en la presente tesis está protegido por la Ley Federal de Derechos de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

Queda prohibido la reproducción parcial o total de esta tesis. El uso de imágenes, tablas, gráficas, texto y demás material que sea objeto de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente correctamente mencionando al o los autores del presente estudio empírico. Cualquier uso distinto, como el lucro, reproducción, edición o modificación sin autorización expresa de quienes gozan de la propiedad intelectual, será perseguido y sancionado por el Instituto Nacional de Derechos de Autor.

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International

Dirección General de Bibliotecas
Ciudad Universitaria
Av. de las Américas y Blvd. Universitarios
C.P. 80010 Culiacán Sin. Méx.
Tel (667) 713 78 32 y (667) 712 50 57
dgbuas@uas.edu.mx

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS I

DEDICATORIAS II

ÍNDICE DE CUADROS III

ÍNDICE DE FIGURAS IV

RESUMEN VII

ABSTRACT VIII

I. INTRODUCCIÓN 1

II. JUSTIFICACIÓN 3

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 5

IV. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS 6

4.1. Hipótesis 6

4.2. Objetivos 6

Objetivo general 6

Objetivos específicos 6

V. REVISIÓN DE LITERATURA 7

5.1. La cebolla 7

5.1.2 Taxonomía de la cebolla 7

5.1.3 Descripción botánica 8

5.1.4. Fenología de la cebolla 10

5.1.5. Producción de cebolla 11

5.2. Enfermedades de la cebolla 14

5.2.1. *Fusarium* spp. 15

5.2.2. *Cladosporium* spp. 17

5.2.3. *Aspergillus* spp 19

5.3. Agricultura protegida 21

5.3.1 El agribón modifica el microclima de los cultivos y barrera contra enfermedades 22

VI. MATERIALES Y MÉTODOS 24

6.1 Localización del experimento 24

6.2. El diseño experimental 24
6.3. Diseño del muestreo 30
6.4. Toma de Temperatura y Humedad Relativa 31
6.5. Identificación de los agentes que causaron las enfermedades encontradas en la cebolla 32
6.6. Variables de respuesta 35
6.6.1. Incidencia de enfermedades en el cultivo 35
6.6.2. Severidad de *fusarium*.....35
6.7. Análisis estadístico 36
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 38
7.1. Identificación de las especies que causaron enfermedades en cebolla 38
7.1.1. Identificación de *Fusarium* en cebolla 38
7.1.2. Identificación morfológica y molecular de *Cladosporium* en cebolla 40
7.1.3 Identificación de *Aspergillus* en cebolla 42
7.2. Incidencia de *Cladosporium* spp. 44
7.3. Incidencia de *Fusarium* spp. 45
7.4. Severidad de *Fusarium* spp. 47
7.5. Modificación del microclima bajo la cubierta de agribón 48
7.6. Efecto de la temperatura sobre la incidencia *de Cladosporium*, *Fusarium* y *Aspergillus* ...51
7.7. Efecto de la humedad relativa sobre la incidencia de *Cladosporium, Fusarium* y *Aspergillus* 52
VIII. CONCLUSIONES 53
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 54

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT), por otorgarme el apoyo económico, con lo cual me permitió llevar a cabo la realización de una maestría y durante el desarrollo de esta tesis.

Al Colegio de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Sinaloa, por brindarme la oportunidad de ingresar al Posgrado.

A la Facultad de Agronomía, por su apoyo y disposición para continuar con mi formación académica.

A mi director de tesis, Dr. Guadalupe Alfonso López Urquídez, por su apoyo incondicional, por compartir sus conocimientos, por sus consejos personales y por el apoyo brindado en la realización del presente trabajo de investigación.

A mi codirector de tesis, Dr. Martín Abraham Tirado Ramírez, por su tiempo y enseñanzas profesionales para la realización de este trabajo.

A mis asesores, Dra. Lorena Molina Cárdenas, Dr. Tomás Aarón Vega Gutiérrez y Dr. Azareel Angulo Castro, por su tiempo y dedicación para la revisión de este documento, además de compartir sus conocimientos especializados.

A mis compañeros y amigos, M.C. Eder Caro López y M.C. Juan Carlos Arellano Reyes, por todo su apoyo ofrecido, en la realización de esta investigación.

Al M.C. Rigoberto Salazar Yocupicio por su apoyo con sus conocimientos y experiencia en el trabajo de laboratorio, además de su amistad.

Al M.C. Jesús Ignacio Madueño Martínez, por todo el apoyo brindado en este trabajo.

A mis amigos y compañeros de maestría, que siempre estuvieron acompañándome y apoyando durante mi aprendizaje en clases, y a todas aquellas personas que de una u otra forma intervinieron para poder llevar a cabo este trabajo de tesis, gracias.

DEDICATORIAS

A Dios, por hacer posible mi existencia, por guiarme por el camino del bien y darme las fuerzas necesarias para poder realizar el presente trabajo y así cumplir una más de mis metas como profesionista.

A mi esposa Dayna, a mis hijos Dante y Damián, por su amor, apoyo incondicional día con día en las decisiones que tomo y por caminar a mi lado en los buenos y malos momentos, además por ser mi motivo de inspiración para seguir superándome día con día.

A mis Padres, a quien les debo lo que ahora soy y porque sin ellos jamás hubiera llegado hasta donde ahora estoy, por el valor mostrado para salir adelante, por su amor y por lo más grande que me han dado, “la vida”.

A mis amigos, que nunca me han dejado solo que siempre han estado ahí, brindándome su apoyo y buenos consejos.

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Producción de cebolla en Sinaloa, ... 4

Cuadro 2. Taxonomía de la cebolla según Medina (2008). 8

Cuadro 3. Producción nacional de cebolla en México.....13

Cuadro 4. Clasificación taxonómica de *Fusarium* 15

Cuadro 5. Clasificación taxonómica de *Cladosporium* spp.....18

Cuadro 6. Clasificación taxonómica de *Aspergillus*. 20

Cuadro 7. Aplicaciones de nutrientes por sistema Venturi.....29

Cuadro 8. Datos para determinar 31

Cuadro 9. Escala para determinar la severidad de la enfermedad causada por *Fusarium* en cebolla 36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Principales etapas fenológicas de la cebolla (Luengas *et al.*, 2009) 10

Figura 2. Producción mundial de cebolla por producción y área cosechada. 12

Figura 3. Principales países productores de cebolla a nivel mundial en 2021. 13

Figura 4. Volumen de la producción nacional de cebolla en miles de toneladas métricas 14

Figura 5. Pudrición basal causada por *Fusarium*.....17

Figura 6. Lesiones en hojas de planta de cebolla por *Cladosporium* spp. 19

Figura 7. Daño en cebolla por *Aspergillus* spp.....21

Figura 8. Uso de túneles en cultivos.....22

Figura 9. Localización del trabajo de investigación.....24

Figura 10. Esquema del diseño experimental de bloques al azar utilizado. 25

Figura 11. Trasplante de bulbillos de cebolla. 26

Figura 12. Preparación del terreno 26

Figura 13. Instalación de sistema de riego por goteo. 27

Figura 14. Instalación de micro túnel con cubierta de agribón. 27

Figura 15. Control de malas hierbas.....28

Figura 16. Aplicación de fertilizantes.....30

Figura 17. Instrumento de toma de temperatura.....32

Figura 18. Cortes en zona de avance de infección.....33

Figura 19. Desinfección de material con cloro, alcohol y agua destilada. 33

Figura 20. Siembra en cajas Petri con medio de cultivo PDA. 34

Figura 21. Diluciones seriadas para aislamiento.....34

Figura 22. Daños iniciales en la parte 38

radicular y basal de la cebolla. 38

Figura 23. Características morfológicas de micelio en PDA. 39

Figura 24. Características microscópicas de los aislamientos de *Fusarium* spp*.,* A. Macronidias; B. Micronidias; C. Fiálides cortas. 39

Figura 25. Crecimiento de *Cladosporium* spp. en medio de papa dextrosa y agar.....40

Figura 26. Caracterización de *Cladosporium* spp.....41

Figura 27. Diagnóstico de laboratorio de *Cladosporium* spp. 42

Figura 28. Colonia de *Aspergillus* spp. crecida en medio de agar, dextrosa y papa. Imagen propia .43

Figura 29. Caracterización de *Aspergillus* spp. 43

Figura 30. Diagnóstico de laboratorio de *Aspergillus* spp.....44

Figura 31. Incidencia de *Cladosporium* en plantas muestra bajo los tres tratamientos utilizados. ..45

Figura 32. Incidencia de *Fusarium spp. por tratamiento* ± error estándar.....46

Figura 33. Índice de severidad media de daño de *Fusarium* spp. bajo los tres tratamientos utilizados. 47

Figura 34. Comparación de las temperaturas mínimas y máximas por tratamiento ± intervalo de confianza.....48

Figura 35. Comparación de la humedad relativa mínima (A) y máxima (B) por tratamiento ± intervalo de confianza. 49

Figura 36. Comparación punto de rocío por tratamiento ± intervalo de confianza, comparación del déficit de presión de vapor mínima por tratamiento ± intervalo de confianza. 50

ÍNDICE DE ANEXOS

Figura 1. Temperaturas mínimas diarias a cielo abierto y bajo cubierta de agribón.....62

Figura 2. Temperaturas máximas diarias a cielo abierto y bajo cubierta de agribón 63

Figura 3. Humedad relativa mínimas diarias a cielo abierto y bajo cubierta de agribón 64

Figura 4. Humedad relativa máximas diarias a cielo abierto y bajo cubierta de agribón.....65

RESUMEN

Los hongos son causantes de las principales enfermedades de la cebolla en Sinaloa y en gran parte del mundo. La presencia de estos puede causar severos daños y reducir el rendimiento del cultivo. Una alternativa para disminuir su incidencia es el uso de cubiertas plásticas. Sin embargo, para su uso hay que conocer cómo estas modifican las condiciones microclimáticas que rodean al cultivo y que favorecen el desarrollo de enfermedades. Por ello, en esta investigación se buscó determinar el efecto de la cubierta de agribón (*polipropileno*) en la modificación del microclima y de este sobre la incidencia y la severidad del daño causado por las enfermedades en el cultivo de cebolla. Para ello se diseñó un experimento de bloques completos al azar, con tres tratamientos (cielo abierto sin aplicación de fungicidas, cielo abierto con aplicación de fungicidas y cubierta de agribón) y cuatro repeticiones. Se obtuvo la temperatura, humedad relativa y punto de rocío, tanto dentro como fuera de la cubierta. Las muestras de los patógenos fueron analizadas en laboratorio y también fueron identificadas por un laboratorio certificado. Con respecto al análisis de incidencia y severidad se realizó un análisis de varianza y para la comparación de las medias, se aplicó la prueba Tukey con un valor p = 005. Así mismo, para evaluar el efecto de la cubierta de agribón sobre el microclima, se aplicó una prueba Z para poblaciones independientes. Los resultados son los siguientes: a) se encontraron tres hongos causando enfermedad en los tres tratamientos, estos son, *Fusarium* spp., *Aspergillus* spp. y *Cladosporium* spp; la cubierta de agribón modifica el microclima; en la cubierta de agribón se tuvo menor incidencia y severidad que a cielo abierto. Por lo anterior se concluye que la cubierta de agribón genera condiciones favorables para la sanidad del cultivo de cebolla en las condiciones climáticas del centro de Sinaloa.

Palabras clave: Agribón, *Fusarium* spp., *Aspergillus*, *Cladosporium*, cebolla

ABSTRACT

Fungi are the cause of the main onion diseases in Sinaloa and in much of the world. The presence of these can cause severe damage and reduce crop yield. An alternative to reduce its incidence is the use of plastic covers. However, for their use it is necessary to know how they modify the microclimatic conditions that surround the crop and that favor the development of diseases. Therefore, in this research we sought to determine the effect of the agribon cover (polypropylene) on the modification of the microclimate and of this on the incidence and severity of damage caused by diseases in the onion crop. For this purpose, a randomized complete block experiment was designed, with three treatments (open sky without application of fungicides, open sky with application of fungicides and agribon cover) and four repetitions. The temperature, relative humidity and dew point were obtained, both inside and outside the roof. The pathogen samples were analyzed in the laboratory and were also identified by a certified laboratory. Regarding the analysis of incidence and severity, an analysis of variance was carried out and to compare the means, the Tukey test was applied with a p value = 005. Likewise, to evaluate the effect of the agribon cover on the microclimate, a Z test was applied for independent populations. The results are the following: a) three fungi were found causing disease in the three treatments, these are, *Fusarium spp*., *Aspergillus spp*. and *Cladosporium* spp; the agribon cover modifies the microclimate; In the agribon cover there was less incidence and severity than in the open sky. From the above, it is concluded that the agribon cover generates favorable conditions for the health of the onion crop in the climatic conditions of central Sinaloa.

Key words: Agribon, *Fusarium spp.*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, onion

I. INTRODUCCIÓN

La producción mundial de cebolla (*Allium cepa* L.) se estima en 106 millones de toneladas, con una superficie estimada de 5.1 millones de hectáreas (FAOSTAT, 2021). Esto se debe a la existencia de países asiáticos muy poblados que consumen este alimento ancestral, el cual tiene un alto nivel de distribución mundial tanto en la producción como en consumo (DAPRO, 2020). Además, existen numerosas variedades según su uso, sabor, color, forma o madurez, como blanca, ámbar, granate, dulce, roja, o morada, chalota o escalonia. La cebolla se consume cruda, frita, asada, escaldada y deshidratada. Además, se utiliza en la industria alimentaria para dar sabor a diversos alimentos y en la fabricación de cebolla en polvo, con la que se elabora la sal de cebolla y cebolla aceite (Jaldo, 2017).

Uno de los principales problemas que enfrenta el cultivo en las zonas tropicales y subtropicales, es el daño causado por enfermedades que ocasionan disminución de rendimiento y calidad de la producción (Cabrera *et al.*, 2019) Los patógenos de las plantas tienen muchos vectores, dentro de los cuales se encuentran los insectos, particularmente los pulgones, moscas blancas y trips, los cuales, además, dañan las plantas al succionar la savia (Hernández, 2005).

La aplicación de fungicidas ha sido una técnica muy utilizada para el control de enfermedades, pero no es posible erradicarlas por completo (Miller *et al*., 2022). Además, en ocasiones esta práctica ha sido contraproducente porque los patógenos adquieren resistencia a algunos de los productos utilizados y la posible contaminación del medioambiente (Corrêa *et al*., 2024). Ante esta problemática se han planteado diferentes alternativas, como es el uso del control de microtúneles formando cubiertas con agribón (Hernández, 2005).

Partiendo de lo anterior, el objetivo general de la presente investigación fue determinar el efecto de la cubierta de agribón (polipropileno) en el control de enfermedades de cebolla que ocurren en Sinaloa, en el valle de Culiacán.

II. JUSTIFICACIÓN

Reconversión productiva. En Sinaloa, el cultivo que más superficie cubre es el maíz, pero es recurrente el problema de precios y comercialización, aparejados a altos costos de insumos como semilla y fertilizantes. Ante esta situación, es importante plantear alternativas viables para que el agricultor opte por otros cultivos, uno de ellos puede ser la cebolla.

En los últimos años, el Gobierno del estado de Sinaloa, plasmado en el Plan Estatal de Desarrollo 2022-2027 (Rocha Moya, 2022) dado que el mercado del maíz es amplio, y la producción encuentra colocación a bajos precios, no cualquier cultivo puede absorber la superficie destinada al maíz. El aumento de la superficie con otras opciones de cultivo puede resultar en una disminución de los costos, por lo que es necesario buscar nuevos mercados para los productos que ya se están utilizando, así como introducir nuevas opciones donde la demanda global tenga un buen comportamiento. Sin embargo, al igual que en la implementación de rotación y otros desarrollos agroecológicos, todos estos aspectos son áreas de oportunidad.

La propuesta de que se opte por nuevos cultivos, se ha impulsado por el gobierno federal, por ejemplo la SADER (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural), a través del Programa de Fomento a la Agricultura, Ganadería, Pesca y Acuicultura para el ejercicio 2021, donde se plantea como objetivo contribuir a la autosuficiencia y seguridad alimentaria mediante el incremento de la productividad de la agricultura, la ganadería, la pesca y la acuicultura, a través de prácticas sustentables, del desarrollo de cadenas de valor regionales y generando las condiciones de igualdad necesarias para un desarrollo territorial con inclusión y justicia social (SADER, 2021).

Expansión de la superficie y zonas donde se cultiva cebolla en Sinaloa. La superficie destinada al cultivo de cebolla ha disminuido en los últimos años en Sinaloa, sembrándose

1,707 ha en 2019 mientras que en 2020 pasó a 1508 ha (SIAP, 2020). Asimismo, esta hortaliza se cultiva principalmente en el Distrito de Desarrollo Rural (DDR) Guamúchil y se está incorporando a otros distritos de la Entidad, como se observa en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Producción de cebolla en Sinaloa, por DDR (año 2020).

Distrito de Desarrollo Rural	Sup. Sembrada (ha)	Sup. Cosechada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t ha^{-1})
Culiacán	126	126	3246.00	25.76
Guamúchil	1107	1107	26 269.46	23.73
Guasave	189.99	189.99	4139.88	21.79
Los Mochis	77.08	77.08	1674.60	21.73
La Cruz	8.80	8.80	384.03	43.64
Total	1508.87	1508.87	35 713.97	23.67

Fuente SIAP (2021).

Bajos rendimientos en la producción. En Sinaloa los rendimientos de cebolla son bajos, con un promedio de 23.67 t ha^{-1} (SIAP, 2021), cuando se pueden obtener cosechas de más de 80 t ha^{-1} en condiciones adecuadas para el desarrollo de este cultivo. Los factores que afectan el rendimiento de la cebolla en Sinaloa son variados. Uno de ellos es el ataque de plagas y enfermedades. Para solucionar este problema, el productor recurre a diferentes métodos, siendo el más común, el uso de fungicidas. Sin embargo, esta alternativa, puede tener consecuencias negativas en el medioambiente. Ante esta situación, una alternativa para disminuir los efectos de las enfermedades, puede ser el uso de cubiertas de agribón.

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Uno de los principales problemas en el rendimiento y calidad de la cebolla es el daño causado por enfermedades tanto en hojas como en bulbo y raíces. La mayor preocupación sanitaria para el cultivo de cebolla es la causada por patologías por patógenos del suelo, como nematodos y hongos del suelo. La repetición prolongada de cultivos en lotes específicos ha aumentado el inóculo de los patógenos principales. Por otro lado, el control químico generalmente da resultados insuficientes. Solo se pueden esperar niveles aceptables de reducción de la incidencia cuando se utilizan tratamientos de desinfección total con fumigantes antes de la plantación. Esta alternativa es difícil de adoptar debido a su alto costo (Nico y González, 2006).

Las enfermedades han disminuido significativamente la producción y la calidad de los cultivos. Por lo tanto, es crucial descubrir métodos para salvaguardar los cultivos tradicionales de enfermedades sin dañar el suelo, el agua y el medioambiente en general. Esto es fundamental para disminuir la contaminación que afecta a las plantas, animales y, finalmente, a los humanos. Se necesitan nuevas formas de mejorar este control de bulbo de cebolla y al mismo tiempo ser amigables con el medioambiente (Pilatasig, 2024).

IV. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

4.1. Hipótesis

La cubierta con agribón, modifica el microclima donde se cultiva la cebolla lo que inhibe el desarrollo de enfermedades en el cultivo.

4.2. Objetivos

Objetivo general

Evaluar el efecto de las cubiertas a base de agribón en el control de enfermedades en cebolla.

Objetivos específicos

a) Determinar el efecto de la cubierta en la incidencia de organismos patógenos en cebolla.
b) Estimar el efecto de la cubierta de agribón en la modificación del microclima de la cebolla.

V. REVISIÓN DE LITERATURA

5.1. La cebolla

A continuación, se hace una descripción de la planta de cebolla considerando sus características morfológicas, agronómicas y su fenología.

5.1.1. Biología y variables agronómicas de Cebolla

Según Rothman y Dondo (2018), el origen de la cebolla es Asia Central de donde se ha distribuido por el mundo y se han producido nuevas variedades de esta hortaliza, modificando su morfología, hasta el punto de que los fenotipos modernos son muy diferentes de sus antepasados históricos. Estos autores describen tres subgrupos botánicos de la cebolla, que son:

a) Grupo I: var. *Typicum*: cebolla común, bulbo simple único.

b) Grupo II var *aggregatum*: cebolla de bulbo compuesto.

c) Grupo III var. *Viviparum*: cebolla de bulbo poco desarrollado

En términos botánicos, la cebolla es una planta herbácea bisexual perteneciente a la familia de las amarilidáceas. Es el miembro más cultivado del género *Allium*, que también incluye varias otras especies cultivadas.

5.1.2 Taxonomía de la cebolla

Según Fritsch y Friesen (2002), las cebollas se clasificaron como miembros de la familia Liliaceae. Posteriormente, se añadió a las Amaryllidacae. Recientemente, con el estudio de la estructura molecular, se ha dividido en un gran número de pequeñas familias monofilamentosas. *Allium* y sus parientes cercanos fueron reconocidos como una familia

distinta, Aliaceae, que está cerca de Amaryllidacae, en el tratamiento taxonómico más reciente y competente de las monocotiledóneas. (Cuadro 2).

Cuadro 2. Taxonomía de la cebolla según Medina (2008).

Taxón	Nombre
Reino	Plantae
Sub Reino	Embriofita
División	Fanerógama
Sub. División	Angiosperma
Clase	Monocotiledónea
Orden	Liliales
Familia	Alliliaceae
Género	Allium
Especie	Cepa

Fuente: Medina (2008).

5.1.3 Descripción botánica

A continuación, se describen las partes del cultivo de cebolla de acuerdo con Fornaris (2012):

Raíces. La cebolla tiene poca capacidad de absorción debido a su restringido sistema radicular. Después de que la semilla germina, la raíz primaria es producida por la plántula de la radícula. El sistema de raíces es poco profundo y se extiende mayormente dentro de los 30 cm superiores del suelo, con la mayoría de las raíces en los primeros 15-20 cm de

profundidad, y lateralmente dentro de un radio que comúnmente mide menos de 30 cm, aunque la mayor parte de ellas se encuentra en los primeros a 15 cm.

Tallo. El tallo verdadero se encuentra en la base la base del bulbo. Este es un disco corto, comprimido y achatado que contiene hojas, raíces y más tarde yemas.

Hojas. El meristemo o yema en la parte superior del tallo es donde las hojas comienzan a crecer en oposición unas a otras y alternadamente. Las hojas de cebolla, que tienen una superficie carmesí, están formadas por la hoja y la nervadura. La lámina de la hoja no siempre se desarrolla o define, que es lo que sucede cuando la planta comienza a formar bulbos. La hoja vaina rodea o circunda el punto de crecimiento de la altura real, formando un tubo que cierra las hojas jóvenes y la yema apical. La lámina de la hoja es hueca, aunque está cerrada en la punta, y su superficie superior está algo rayada. La división de una hoja ocurre cerca de su base, de ahí que la porción más antigua de una hoja de cebolla sea su punta, y la porción más joven esté cerca de la base de la vaina de la hoja. Hay un agujero o hendidura donde se unen la vaina y la lámina, a veces denominado "ápice de la vaina", a través del cual emerge la lámina de la siguiente hoja. En condiciones ideales de cultivo, una planta de cebolla puede llegar a producir entre 13 y 18 hojas. Lo cual depende de la variedad, el tiempo de tamizado, la duración del día y la temperatura. Aproximadamente tres semanas antes de que el bulbo madure, la iniciación de hojas nuevas se detiene por completo y eventualmente, los folíolos de las hojas dejan de sostenerse entre sí y colapsan, lo que indica la fase de maduración.

Bulbo. Las escamas del bulbo están formadas por un tallo bien cortado y bien envuelto que se encierra en hojas alteradas, engrosadas y carnosas. Un bulbo tonificado es el tipo de bulbo que crece en la planta de la cebolla. La disposición de las escamas es en capas o canales que se puede ver en una sección transversal del bulbo y en su base se ve la parte

más corta, en forma de cono invertido, más alta. Cada hoja se convierte en una de las "escamas" del bulbo de cebolla en la base, por lo tanto, el número y el tamaño de las hojas presentes en el momento en que comienza el bulbo afectarán el tamaño del bulbo en la madurez.

5.1.4. Fenología de la cebolla

De acuerdo con Carravedo y Mallor (2007), en el ciclo vegetativo de la cebolla se distinguen cuatro fases: crecimiento herbáceo, formación de bulbos, reposo vegetativo y reproducción sexual (Figura 1).

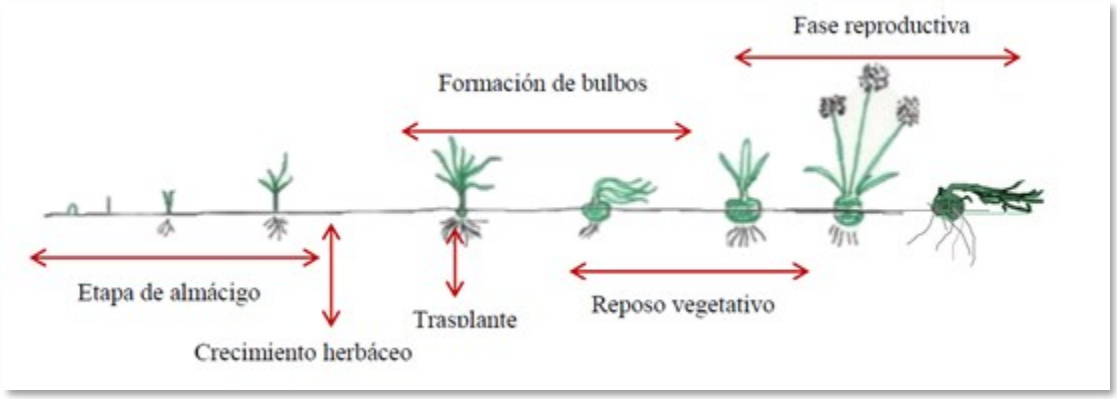


Figura 1. Principales etapas fenológicas de la cebolla (Luengas *et al*., 2009)

Crecimiento herbáceo. A partir de la formación de un tallo muy corto y alto durante la germinación, las hojas son sustituidas por un meristemo que se localiza en este tallo. Durante esta fase tiene lugar el desarrollo radicular y foliar de la planta.

Formación de bulbos. El proceso se inicia con la paralización del sistema vegetativo aéreo y la movilización y acumulación de las sustancias de reserva en la base de las hojas interiores, que posteriormente encierran y dan lugar al bulbo. Durante este periodo tiene lugar la hidrólisis de los prótidos; así como la acumulación de glucosa y fructosa en el bulbo ocurren en este momento. Se requieren fotoperíodos largos y esta fase se acorta a medida que aumenta la temperatura mientras se lleva a cabo el proceso.

Aproximadamente tres semanas antes de que el bulbo madure. No todas las hojas son visibles en esta fase, ya que algunas se habrán secado, otras habrán perdido su pelusa y otras se habrán reducido a tamaños minúsculos en el centro del bulbo. Estas últimas podrían romperse posteriormente durante el almacenamiento. Cuando se detiene el crecimiento de las hojas, el cuello del bulbo se debilita y se decolora, lo que indica el comienzo de la fase de madurez para la cosecha.

Reposo vegetativo. La planta detiene su desarrollo y el bulbo maduro se encuentra en latencia.

Reproducción sexual. En el segundo año de cultivo suele comenzar la producción. Debido a las reservas acumuladas de nutrientes, el meristemo apical del disco se convierte en una torre floral con una inflorescencia en forma de umbela en su sección terminal.

5.1.5. Producción de cebolla

A nivel mundial la producción de cebolla es de aproximadamente 106 millones de toneladas. Según el último dato registrado por FAOSTAT (2021), el área cosechada llega a 5.7 millones de hectáreas. De esta manera, la cebolla es de las hortalizas con mayor superficie cosechada, solo superada por la papa y el tomate (Figura 2).

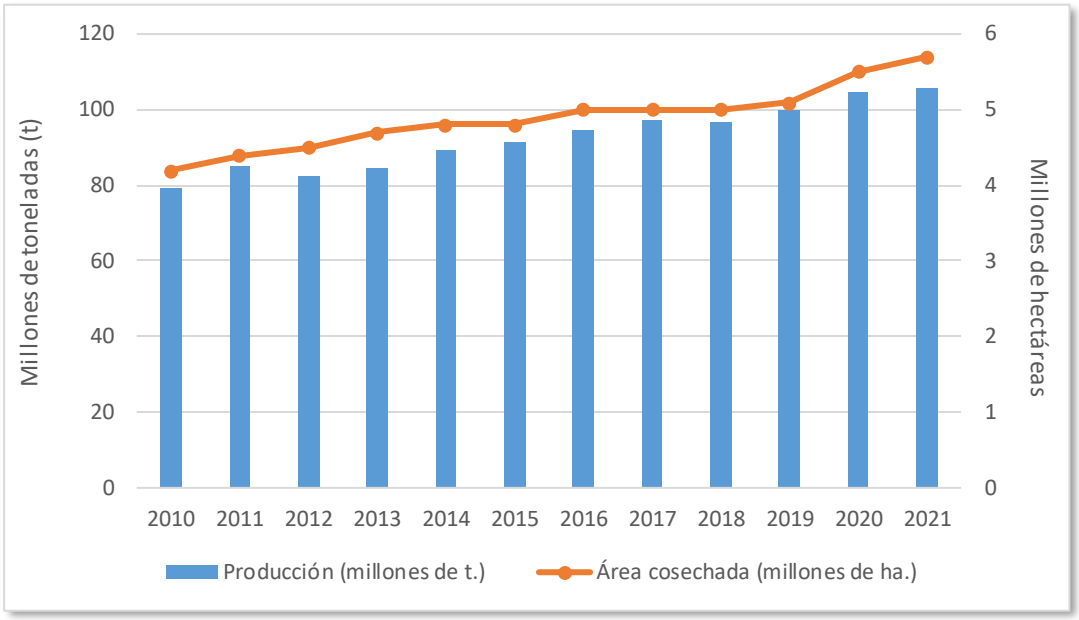


Figura 2. Producción mundial de cebolla por producción y área cosechada.

La cebolla es producida aproximadamente en 175 países. El continente asiático concentra más del 60 % de la producción mundial, donde India es el país con mayor producción, logrando una producción alrededor de las 26.6 millones de toneladas en el año 2021, siguiéndole China produciendo alrededor de 24.2 millones de toneladas y Egipto en un lejano tercer lugar en producción, esto de acuerdo con datos de la FAO en 2021, como se muestra en la Figura 3.

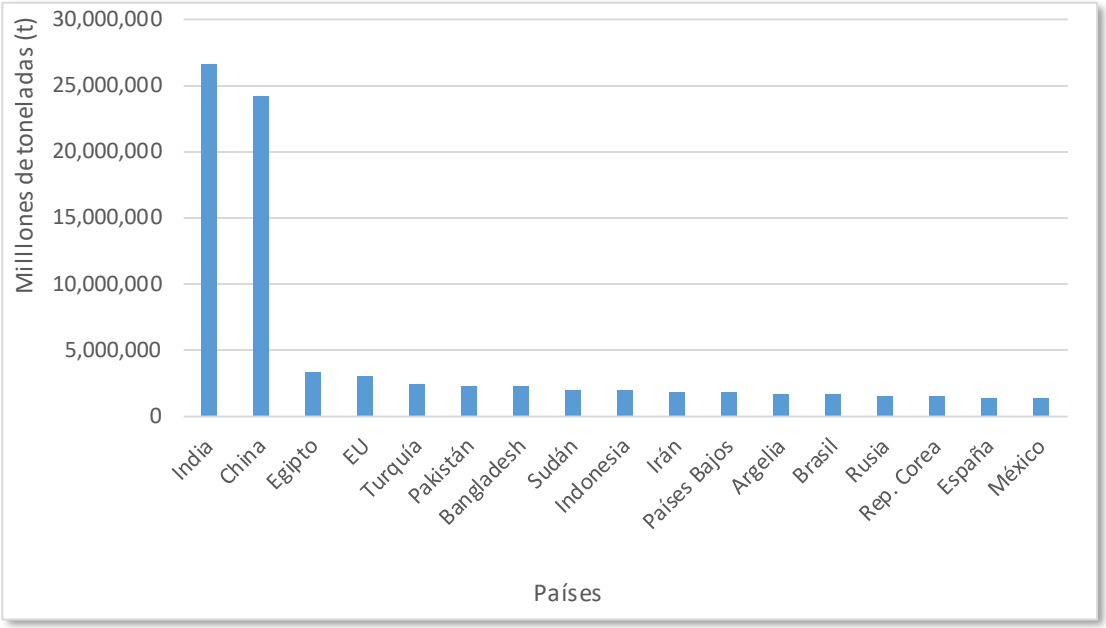


Figura 3. Principales países productores de cebolla a nivel mundial en 2021.

La producción de cebolla en México, en 2021, fue de 1 451 249.99 toneladas y participaron en ello 23 estados, siendo Chihuahua el principal productor con un 20.41 % del total nacional, seguido por Zacatecas 14.88 % y Guanajuato 13.63 %. Sinaloa es el productor número 12 con una participación de 2.64 % (Cuadro 3), de acuerdo con el SIAP (2022).

Cuadro 3. Producción nacional de cebolla en México

Entidad	Superficie (ha) Cosechada	Producción (t)	Rendimiento (t ha^{-1})
Chihuahua	5609.00	296 271.38	52.82
Zacatecas	5458.93	215 985.44	39.57
Guanajuato	7505.50	197 882.29	26.36
Baja California	5844.54	100 197.46	17.14
Michoacán	2903.36	95 563.08	32.91
Sinaloa	1961.49	38 323.43	19.54

De 2012 a 2017 la tendencia de la producción fue al alza y, en los último cinco años, la producción ha estado por arriba del promedio con excepción del 2022 de acuerdo con datos del SIAP en 2022 (Figura 4).

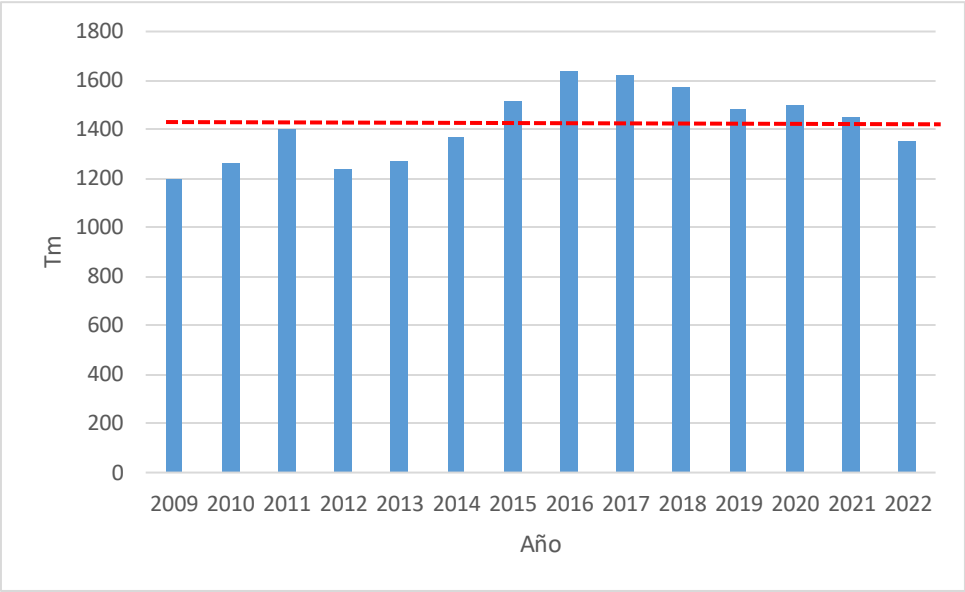


Figura 4. Volumen de la producción nacional de cebolla en miles de toneladas métricas (Tm). Línea roja punteada: Promedio = 1419.80.

5.2. Enfermedades de la cebolla

Una amplia variedad de microorganismos patógenos afecta negativamente a la calidad de la cebolla a escala mundial. La mayoría de estos microorganismos incluyen hongos, además de bacterias, nematodos, virus y fitoplasmas. Estas enfermedades pueden surgir en condiciones de campo o almacenaje, con la consiguiente disminución del rendimiento y la calidad de los bulbos (Rivera y Cabrera, 2012). A continuación, se mencionan tres de las más importantes:

5.2.1. *Fusarium* spp.

Según Watt (2015), Las especies de *Fusarium* figuran entre los patógenos vegetales más extendidos en el mundo y tienen importantes repercusiones en el rendimiento y la calidad de la producción agrícola (Leslie y Summerell, 2006). Muchas especies del género *Fusarium*, son organismos que habitan en el suelo con estructuras que permiten la supervivencia a largo plazo en cultivo y son capaces de causar la enfermedad *Fusarium*. Por ello, en el cultivo de cebolla se pueden tener graves problemas desde el momento de la plantación de las semillas hasta la cosecha e incluso en poscosecha.

Fusarium es un género muy heterogéneo y difícil de clasificar. Las formas asexuales de este, provienen de varios géneros de ascomicetos de la familia Nectriaceae, orden Hypocreales. Albonectria, Gibberella y Haematonectria son los géneros que representan a *Fusarium* como teleomorfo. En el Cuadro 4 se muestra la clasificación tradicional de *Fusarium,* la cual se basa en las características morfológicas del hongo y las características de crecimiento del cultivo (Acevedo, 2014).

Cuadro 4. Clasificación taxonómica de *Fusarium* en cebolla según Ex Grey (1821).

Taxón	Nombre
Reino:	*Fungi*
División:	*Ascomycota*
Clase:	*Sordariomycetes*
Orden:	*Hypocreales*
Familia:	*Nectriceae*
Género:	*Fusarium*

De acuerdo con Tirado *et al.* (2021), entre las especies de *Fusarium* que atacan a la cebolla en Sinaloa se encuentran *F. falciforme*, *F. oxysporum* y *F. brachygibbosum.* Estos patógenos provocan la reducción en la cantidad y calidad del rendimiento de cebolla en todo el mundo.

Los síntomas pueden identificarse por unas hojas más pequeñas que, al arrancarlas del suelo, muestran poco desarrollo radicular y necrosis en el borde. Normalmente, estos síntomas están relacionados con exceso de agua en el suelo. Cuando las cebollas afectadas crecen, tienen pocas raíces, los bulbos tienen poco desarrollo y son de baja calidad. Los síntomas de la enfermedad también pueden manifestarse como pudriciones en poscosecha, mientras está almacenada. El organismo se reproduce a través de sus estructuras como el micelio y sus esporas. Este patógeno también puede propagarse a través del agua de riego, el movimiento de rocas o las plantas que han sido infectadas por almácigos. Los hongos pueden sobrevivir durante muchos años en el suelo como esporas resistentes (clamidosporas) conectadas a bulbos enfermos (INIA y FIA, 2018).

La pudrición basal de la cebolla causada por *Fusarium* (Figura 5), es considerada la enfermedad que más limita el cultivo. Los síntomas iniciales de las plantas afectadas se manifiestan como hojas de color ámbar que se van volviendo necróticas, sobre todo en la punta, hasta que alcanzan toda la hoja y, por último, marchitarse. En las raíces, aparecen matices transparentes de color café que adquieren una forma plana y matizada. Cuando los tallos se cortan longitudinalmente, se observa en el sombrero externo una coloración que va de rojiza a café y que se extiende a las hojas internas, donde aparece un micelio blanco que cubre completamente el tallo y puede llegar a las raíces. En fases avanzadas de la enfermedad, las plantas infectadas pueden empezar a crecer con facilidad mostrando atrofia y rizomas desorganizados (Kiehr & Delhey, 2005; Sañudo *et al.* 2003).

La prevalencia de la enfermedad aumenta después de la época de siembra y se manifiesta cuando las temperaturas se encuentran entre los 28 y 32 °C (Pulido *et al*., 2012).

Figura 5. Pudrición basal causada por *Fusarium*.

5.2.2. *Cladosporium* spp.

Es un género que se encuentra por todo el mundo y es un grupo de hongos muy comunes en el medioambiente. Tiene muchas especies y la mayoría son saprófitas. Algunas especies son patógenos oportunistas, lo que significa que causan enfermedades cuando los mecanismos de defensa de sus hospederos disminuyen (Alonso y Molina, 2020), un ejemplo de ello es *Cladosporium*. Este hongo filamentoso pertenece al grupo dematiáceo y al grupo filo *Ascomycota*. Se estima que hay alrededor de 772 especies este género (Flores, 2018). Su taxonomía se muestra en el cuadro 5.

Cuadro 5. Clasificación taxonómica de *Cladosporium* spp. según Vries (1952).

Taxón	Nombre
Reino:	Fungi
División:	Ascomycota
Clase:	Dothideomycetes
Orden:	Capnodiales
Familia:	Davidiellaceae
Género:	Cladosporium

Fuente: Vries (1952).

De acuerdo con Pérez y Caridad (2019), *Cladosporium* también es un género fitopatógeno que generalmente es foliar y daña los cultivos. Además, debido a su capacidad para crecer sobre una amplia gama de sustratos, relacionado con el biodeterioro. Varios estudios indican que los conidios de este hongo se pueden transportar fácilmente por el aire y viajar extensas distancias durante un largo período de tiempo, ya que se encuentran y transportan junto con las partículas de polvo. Algunas especies de *Cladosporium* son tolerantes a la sequía. Sin embargo, el crecimiento requiere humedad, lo que indica que necesita valores de humedad relativa iguales o superiores al 80 % (Nielsen, 2003; Górny, 2004). Por su parte, Lozada y Zurita (2019), mencionan que las temperaturas de crecimiento ideales van desde los 6 °C hasta los 28 ºC, sin embargo, algunas especies pueden crecer a temperaturas mayores que 35 ºC (Deshmukh y Rai, 2005).

De acuerdo con Leiva-Mora *et al*. (2023), los síntomas que se presentan en las hojas de la planta, son manchas amarillas en el haz y el crecimiento filamentoso cubierto de conidios

de color pardo oliváceo en el envés son los principales síntomas de la enfermedad, lo que daña la superficie foliar y reduce la capacidad de fotosíntesis (Figura 6).

Walker *et al*. (2018), mencionan que las manchas foliares causadas por *Cladosporium* spp. Son pequeñas cuando se encuentran en las hojas, ramas y frutos, pero pueden expandirse y fusionarse, provocando defoliación y pérdida de la calidad del fruto, lo que reduce la productividad. En las últimas etapas del desarrollo de la planta, es cuando más ocurre el ataque de este patógeno. La infección se observa como un "moho pulverulento" una vez que ha ocurrido, llegando a convertirse en una lesión oscura y deshidratada (Procitrus, 2019).

Figura 6. Lesiones en hojas de planta de cebolla por *Cladosporium* spp.

5.2.3. *Aspergillus* spp.

Aspergillus es un hongo del *phylum Ascomycota*, familia *Trichocomaceae*, orden Eurotiales. En 1965, se creó una división del género *Aspergillus* en 18 categorías según sus rasgos morfológicos. Actualmente hay 4 subgéneros (*Aspergillus*, *Circumdati*, *Fumigati* y

Nidulantes) y 20 secciones en la clasificación. En el Cuadro 6 se muestra la taxonomía de *Aspergillus*.

Cuadro 6. Clasificación taxonómica de *Aspergillus*.

Taxón	Nombre
Reino:	Fungi
División:	Ascomycota
Clase:	Eurotiomycetes
Orden:	Eurotiales
Familia:	Trichocomaceae
Género:	Aspergillus

De acuerdo con Pereira (2013), *Aspergillus* es un género que causa daño en los alimentos debido a que muchas de sus especies producen micotoxinas. Su daño lo provoca principalmente en productos almacenados, tales como granos y especias, encontrándose con mayor frecuencia en regiones tropicales y subtropicales.

Aspergillus crece con mayor frecuencia a temperaturas más altas y con menor actividad de agua; sin embargo, lentamente produce esporas, las cuales son más resistentes a la luz y a los agentes químicos (Hocking, 2006). Las condiciones óptimas para su desarrollo oscilan en temperaturas entre los 28 y 35 °C.

Aspergillus ataca las semillas y causa mucho daño, además de muerte en plantas y semillas. Por esa razón, el tratamiento eficiente de semillas es crucial en la agricultura (Carvalho *et al*., 2012). Al principio, el bulbo mantiene su fuerza incluso cuando está enfermo, pero a medida que avanza el proceso, el tejido se vuelve suave. Se puede observar una coloración negra en el espacio entre la lámina externa (seca) y la primera lámina interna (fresca), especialmente en la dirección de las venas, que son las esporas del hongo responsables de su diseminación (Blanco y Granados, 2021).

Aunque con frecuencia no se observa nada exteriormente, un desarrollo fúngico de color negro puede aparecer debajo de la piel seca. Puede haber esporas en cada capa de la cebolla. En primer lugar, las capas afectadas se vuelven acuosas y luego se desarrolla el hongo, lo que provoca una rápida propagación de esporas negras. Los bulbos se marchitan gradualmente (Reyes, 2019). Figura 7.

Figura 7. Daño en cebolla por *Aspergillus* spp.

5.3. Agricultura protegida

De acuerdo con Moreno *et al.* (2011), la agricultura protegida (AP) es un sistema de producción que minimiza las limitaciones y efectos que impone el clima para proteger los cultivos. Debido al riesgo inherente asociado a la agricultura, la característica fundamental de este sistema es la protección frente a los riesgos asociados a esta actividad. Los riesgos pueden estar relacionados con el clima, la economía (rentabilidad, mercado) o la escasez de recursos como el agua o la tierra. Además, la AP es un sistema de producción que favorece que los cultivos agrícolas se desarrollen fuera de sus ciclos naturales y en menos tiempo; combatir con éxito enfermedades y plagas; y producir mejores cosechas en espacios más reducidos a un coste menor. Esto se traduce, obviamente, en mejores ingresos para los productores.

Según Bastida (2017), existen diversos factores y elementos internos y externos, geográficos, climáticos, económicos y culturales que han favorecido el crecimiento de la AP

en México. El alto rendimiento obtenido en los sistemas de agricultura protegida sirve como punto de partida; sin embargo, existen muchos otros factores que se refieren a condiciones estratégicas que son únicas para el desarrollo de la AP de México y de las que carecen otras regiones del mundo debido a su proximidad a los mercados de exportación.

5.3.1 El agribón modifica el microclima de los cultivos y barrera contra enfermedades

En la producción de hortalizas a nivel mundial se utilizan túneles (Lamont, 2009), ya que Figura 8, permite ampliar los ciclos de producción, mejorar la calidad y aumentar los rendimientos de los cultivos, al generar condiciones para disminuir la incidencia de enfermedades y protegerse de condiciones climáticas desfavorables (Velásquez, 2012; Hernández *et al.*, 2017).

Figura 8. Uso de túneles en cultivos.
Fuente: Elaboración propia

Cuando las plantas crecen bajo techo, están sujetas a efectos ambientales adversos, así como a agentes biológicos que causan daños que se traducen en baja productividad y baja calidad del producto. Por ejemplo, Osuna *et al*. (2007) encontró que cuando la planta de tomate es cubierta con polipropileno, el rendimiento se incrementa significativamente, lo

cual, considera el autor, puede asociarse al mejoramiento del microclima provocado por el sombreado y a menores poblaciones de plagas. De la misma manera, Jarquín *et al.* (2014), utilizaron la cubierta de polipropileno para proteger los botones florales en rosa de corte. Ellos encontraron que esta acción previno daños por insectos e incrementó el número de botones con calidad de exportación.

Por su parte Joublan y Vergara (2002), al estudiar el efecto de la cubierta de polipropileno en Fresa (*Fragaria* x *ananassa Duch*.) encontraron que se produjo un adelantamiento en la formación de flores por parte de las plantas que se encontraban bajo la cobertura.

A pesar de que las cubiertas de polipropileno mejoran las condiciones de crecimiento de las plantas, las pruebas deben realizarse en la región específica, ya que estas cubiertas producen microclimas distintivos, lo que requiere evaluaciones que permitan recomendar la mejor solución para el problema en cuestión (Domínguez *et al.* 2002). El propósito inicial de estas cubiertas era modificar las condiciones ambientales bajo ellas, ya que pueden aumentar el crecimiento de las plantas al elevar las temperaturas, lo que mejora el rendimiento potencial y real (Natwick *et al.*, 1988).

Las telas de polipropileno se utilizan principalmente en climas templados para proteger los cultivos contra las heladas. Su liviandad les permite colocarlas directamente sobre la mayoría de los cultivos y son permeables al agua y al aire, su porosidad es mínima, lo que impide que la mayoría de los insectos vectores de virosis pasen. Acumulan calor, protegiendo el cultivo de heladas a menos de 4 °C y la mayoría dejan pasar más del 80 % de la luz. Estas cubiertas se han evaluado en México para controlar los virus en varios cultivos, obteniendo resultados positivos (Hernández, 2005).

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Localización del experimento

La investigación se realizó en el ciclo agrícola otoño-invierno 2022-2023 en los campos experimentales de la Facultad de Agronomía, localizada en el km 17.5 de la Carretera Culiacán-Eldorado; las coordenadas son: Latitud 24°37’22’’ N, Longitud 107°26’32’’ W, donde el tipo de suelo que predomina es arcilloso (Figura 9).

Figura 9. Localización del trabajo de investigación

6.2. El diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones y con tres tratamientos, los cuales son: 1) cubierta de agribón, 2) no cubierta de agribón (testigo), 3) control (aplicación de fungicida); para un total de doce unidades experimentales (UE) (Figura 10).

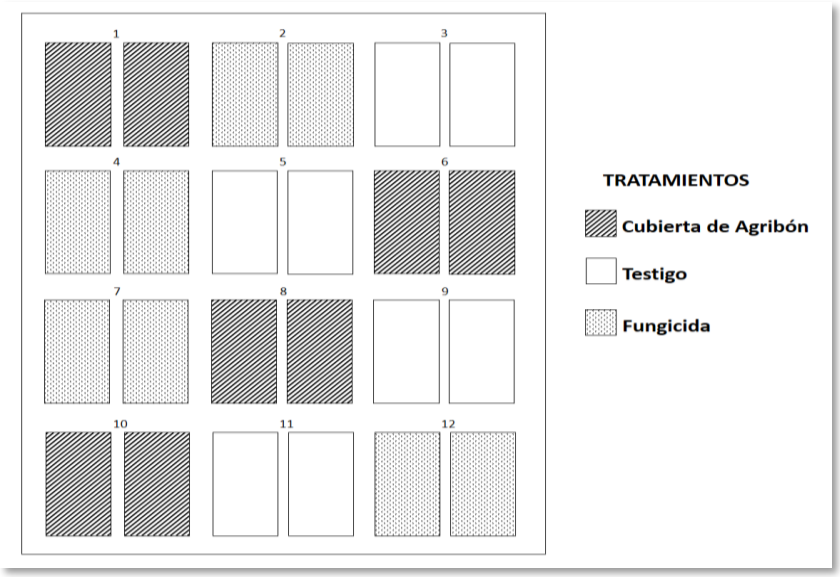


Figura 10. Esquema del diseño experimental de bloques al azar utilizado.
Fuente: Elaboración propia

Cada UE se conformó por dos camas, con una separación de 1.70 m de ancho por 5 m de longitud. En cada una de ellas se tuvieron cuatro hileras de plantas con una distancia de .12 m entre ellas dispuestas en tresbolillo. La muestra fue tomada de manera aleatoria, con base en el número de líneas y plantas por unidad experimental. El trasplante de bulbillos de cebolla se realizó el día, 25 de noviembre de 2022 (Figura 11).

Figura 11. Trasplante de bulbillos de cebolla.

Fuente: Elaboración propia

La preparación del terreno se conformó por un rastreo doble, posteriormente se formaron surcos, los cuales fueron aplanados manualmente con rastrillos para que la cebolla tuviera un crecimiento uniforme (Figura 12).

Figura 12. Preparación del terreno
Fuente: Elaboración propia

Para el riego, se empleó un sistema de riego por goteo. Se colocaron dos cintas por cama. La distancia entre goteros fue de .20 m, con un gasto de 1L h^{-1}. Los riegos se realizaron

semanalmente, con una duración de dos horas, debido al poco requerimiento de agua por parte del cultivo y la textura arcillosa del terreno y humedecer solo la parte donde se desarrolla la raíz de la cebolla (Figura 13).

Figura 13. Instalación de sistema de riego por goteo.
Fuente: Elaboración propia

La Instalación de micro túnel con cubierta de agribón se llevó a cabo a los 53 días después del trasplante (Figura 14).

Figura 14. Instalación de micro túnel con cubierta de agribón.

Fuente: Elaboración propia

Para controlar las malas hierbas, se realizaron dos aplicaciones de herbicida *oxyfluorfen*, con una dosis de 30ml/15L agua por aplicación, la primera aplicación se realizó el 22 de diciembre de 2022 y la segunda se llevó a cabo el 20 de enero de 2023. También se realizó un deshierbe manual (Figura 15).

Figura 15. Control de malas hierbas.
Fuente: Elaboración propia

El fungicida aplicado en el tratamiento correspondiente fue *Azoxytrobin* y *ciproconazol* en dosis de 5ml/2L agua en tres fechas: 24/01/2023, 17/02/2023 y 14/03/2023.

Para llevar a cabo la fertilización se instaló un sistema de fertilización por Venturi (Figura 17). Los nutrientes utilizados: nitrógeno(N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S). Las dosis se aplican en una cubeta de 20L de agua. Cuadro 7. Figura 16.

Cuadro 7. Aplicaciones de nutrientes por sistema Venturi

Etapa	Fecha	Distribución porcentual del nutriente					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Crecimiento vegetativo	27/12/2022	3.33	8.60	2.67	3.89	3.46	2.15
	03/01/2023	3.54	8.50	2.83	5.00	4.44	2.76
	10/01/2023	3.75	8.30	3.00	5.56	4.94	3.07
	17/01/2023	4.17	8.30	3.33	5.56	4.94	3.07
	24/01/2023	5.00	8.20	4.00	6.11	5.43	3.38
	31/01/2023	5.21	8.00	4.17	7.22	6.42	3.99
Crecimiento de bulbo	07/02/2023	6.08	6.60	5.40	4.56	5.06	5.75
	14/02/2023	6.30	6.40	5.60	5.00	5.56	6.32
	21/02/2023	8.25	6.30	7.33	5.78	6.42	7.30
	28/02/2023	8.33	6.30	7.40	5.89	6.54	7.44
	07/03/2023	8.10	6.10	7.20	6.00	6.67	7.58
	14/03/2023	7.95	5.90	7.07	6.11	6.79	7.72
Madurez	21/03/2023	8.50	4.30	10.20	6.87	7.63	9.04
	28/03/2023	8.33	4.20	10.00	6.67	7.41	8.77
	04/04/2023	8.17	4.00	9.80	6.47	7.19	8.51
Cosecha	11/04/2023	2.45	0.00	5.00	6.67	5.56	6.58
	18/04/2023	2.38	0.00	5.00	6.67	5.56	6.58

Nutrientes: nitrógeno(N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S)

Figura 16. Aplicación de fertilizantes por sistema Venturi.
Fuente: Elaboración propia

6.3. Diseño del muestreo

El cultivo se estableció en seis camas, cada una de las cuales contenía cuatro hileras de plantas. Las camas se dividieron en doce unidades experimentales, de cinco metros de longitud cada una. Se realizó un muestreo aleatorio estratificado, utilizando cada unidad experimental como un estrato. Para determinar el tamaño de la muestra se aplicó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z^2\,(p * \mathrm{q})}{e^a}$$

Donde:

n = tamaño de la población para estimar la proporción de plantas dañadas

p = proporción de plantas dañadas esperado

q = proporción de plantas sanas esperado = 1-p

e = margen de error deseado en la estimación de la proporción

α = nivel de confianza

En el Cuadro 8, se muestran los datos obtenidos a partir de la fórmula antes mencionada.

Cuadro 8. Datos para determinar el tamaño de muestra.

Valores	
p =	0.5
q=	0.5
α =	0.05
e =	0.05
Z =	1.96

A partir de lo anterior se estimó que el tamaño de la muestra fue de 384 plantas como se muestra a continuación:

$$n = \frac{1.96^2(0.50*1-0.50)}{0.05^2} = 384.19$$

Este tamaño de muestra fue distribuido en los 12 estratos, dejando 32 plantas en cada uno de ellos. El seguimiento se realizó semanalmente a partir de treinta días después del trasplante, cuando la planta de cebolla indicó la presencia de cuatro a siete hojas auténticas.

Las muestras se trabajaron en el laboratorio de protección vegetal de la Facultad de Agronomía, con material de disección previamente limpiado y desinfectado, se extrajo biomasa fúngica de las hojas de cebolla, donde después se añadió una gota de agua a un portaobjetos para examinar en el microscopio.

6.4. Toma de Temperatura y Humedad Relativa

Se registró la temperatura y humedad relativa entre el 20 de diciembre de 2022 al 25 de abril de 2023, tanto dentro de la cubierta de agribón como a cielo abierto por medio de un

Data Logger de Elitech (Figura 17). Los datos obtenidos fueron utilizados para interpretar el comportamiento de las enfermedades encontradas.

Figura 17. Instrumento de toma de temperatura y humedad relativa Data Logger.

6.5. Identificación de los agentes que causaron las enfermedades encontradas en la cebolla

A continuación, se presentan los pasos generales para la identificación de los agentes patógenos de *Fusarium*, *Aspergillus* y *Cladosporium* en la cebolla:

Observación de los síntomas iniciales: Las plantas de cebolla afectadas por las enfermedades se examinaron tomando nota de los síntomas observados, como marchitamiento, amarillamiento de las hojas, manchas en los bulbos, pudrición de la raíz.

Aislamiento y purificación: Extracción del agente patógeno tanto de *Fusarium* como de *Cladosporium* y *Aspergillus,* de las muestras mediante el aislamiento en placas Petri utilizando medios de cultivo PDA (papa dextrosa agar), como se hizo de manera similar en investigación de Hernández *et al*. (2019). En el caso de *Fusarium*, se realizaron pequeños cortes de la zona de infección, donde el patógeno podría encontrarse activo (raíces con

tejido con coloración café o rojiza), para *Aspergillus* se tomó tejido de bulbos y raíces con manchas necrosas, y finalmente para *Cladosporium* se realizaron cortes en las hojas con manchas de forma y tamaño irregulares ovaladas o cilíndricas que aparecen en las hojas más viejas (Figura 18). El material se desinfectó con cloro al 2 % durante 15 segundos, después se pasó a alcohol al 70 %, y al final se enjuagó con agua destilada estéril (Figura19); y se sembró en placas de Petri con medio de cultivo PDA (Figura 20).

Las placas fueron incubadas a 27 ± 2 °C durante 7 días. Los cultivos puros en PDA fueron incubados a 27 ± 2 °C.

Figura 18. Cortes en zona de avance de infección.

Figura 19. Desinfección de material con cloro, alcohol y agua destilada.

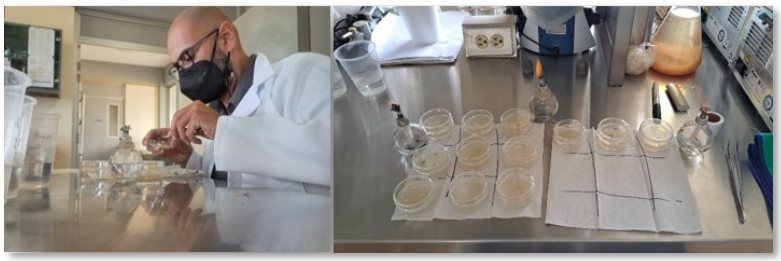


Figura 20. Siembra en cajas Petri con medio de cultivo PDA.

Observación de las colonias: Se examinaron las colonias de *Fusarium, Aspergillus* y *Cladosporium* aisladas en las cajas Petri, tomándose nota de sus características morfológicas, como el color, la textura, tamaño y forma de las colonias.

Se realizaron diluciones seriadas en tres series, hasta lograr el aislamiento de las enfermedades almacenadas en micro tubos de 1.5 ml (Figura 21).

Figura 21. Diluciones seriadas para aislamiento de enfermedades almacenadas en micro tubos de 1.5 ml.

6.6. Variables de respuesta

Se evaluaron los siguientes parámetros para determinar la influencia del *Cladosporium*, *Aspergillus* y *fusarium* en la cebolla:

6.6.1. Incidencia de enfermedades en el cultivo

La incidencia es la cantidad de sujetos o partes contables de un sujeto (plantas, hojas, etc.) afectados por una enfermedad en comparación con el total analizado, expresada en porcentaje. Esto es útil para calcular la cantidad de enfermedades que afectan a toda la planta en el campo (Freire, 2015). Para el presente trabajo, se aplicó la fórmula propuesta por Fernández (1969).

% IE = (No. de plantas con enfermedades / No. de plantas total) * 100

6.6.2. Severidad de *fusarium*

Para evaluar la severidad de la enfermedad *fusarium* en cebolla, se efectuaron evaluaciones semanales, tomándose treinta y dos plantas al azar por cada repetición, las cuales fueron revisadas minuciosamente en la parte radicular y basal del cultivo, para detectar la incidencia de la enfermedad y la severidad de esta, midiéndose mediante una escala modificada con cuatro clases, que se señalan en el Cuadro 9. Esta metodología se ajustó de acuerdo con las necesidades de realizar las evaluaciones de las plantas, con la finalidad de que fuera más fácil y práctica en la evaluación.

Cuadro 9. Escala para determinar la severidad de la enfermedad causada por *Fusarium* en cebolla.

Clase	Intensidad de la enfermedad
0	Planta sana
1	Planta con síntomas leves
2	Planta con síntomas severos
3	Planta con síntomas muy severos
4	Planta muerta

Fuente: elaboración propia

Una vez clasificadas las plantas, se calculó el índice de severidad con la fórmula de Townsend y Heuberguer (1943):

$P = \sum (n * v) \times 100 / 4 * N$, donde:

P= grado de ataque

n= número de plantas de cada categoría

v= valor numérico de cada categoría

N= número total de plantas en unidad experimental.

6.7. Análisis estadístico

Se analizó la normalidad, para determinar cuánto difiere la distribución de los datos obtenidos con respecto a los datos esperados, también se analizó la homocedasticidad, para comprobar qué tanto se dispersan o agrupan los datos con respecto a su media. Con base en los resultados de dichas pruebas, se realizó un análisis de varianza tomando en cuenta la proporción de plantas dañadas y el porcentaje de daño. Para la comparación de medias entre los tratamientos se aplicó la prueba estadística de Tukey con un alfa de 0.05. Así mismo, se aplicó la prueba *Z* para la comparación de dos muestras, en este caso fueron

los datos de temperatura, humedad relativa y punto de rocío obtenidos a cielo abierto y bajo cubierta de agribón, se partió del supuesto de que la media de la población 1 era diferente de la población 2. Para los análisis estadísticos se utilizó el programa XLSTAT, versión 2022 3.1. (Addinsoft, 2023).

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1. Identificación de las especies que causaron enfermedades en cebolla

A lo largo del desarrollo del cultivo en esta investigación se encontraron tres especies de hongo causando daño al cultivo.

7.1.1. Identificación de *Fusarium* en cebolla

Los síntomas observados provocados por *Fusarium* spp. en el campo incluían plantas de bajo crecimiento, hojas amarillentas y marchitas con doblez hacia abajo, un tejido de hojas basales con coloración rojiza que se extendía hacia la parte interna del pseudotallo y raíces de color rosadas o café que estaban necrosadas (Figura 22), síntomas que coinciden con lo reportado por Conn *et al.* (2012).

Figura 22. Daños iniciales en la parte radicular y basal de la cebolla.

Los aislamientos monospóricos presentaron características morfológicas tales como colonias con crecimiento rápido y algodonosas, el micelio con coloraciones blanquecinas y rosadas en los primeros estados de desarrollo, con el paso de los días, se percibieron coloraciones lilas, violeta oscuro y rosadas; en el reverso de la caja de Petri, se observaron coloraciones lilas y rojizas, con crecimiento uniforme en el centro de la caja (Figura 23).

Figura 23. Características morfológicas de micelio en PDA.

Se observaron estructuras macroscópicas tales como, macroconidias con tres septos, con forma alargada y ligeramente curvada, terminando con un punto en el pie basal, microconidias sin septos y de forma ovalada, que a veces se componen de fiálides cortas, características propias de *Fusarium* (Figura 24).

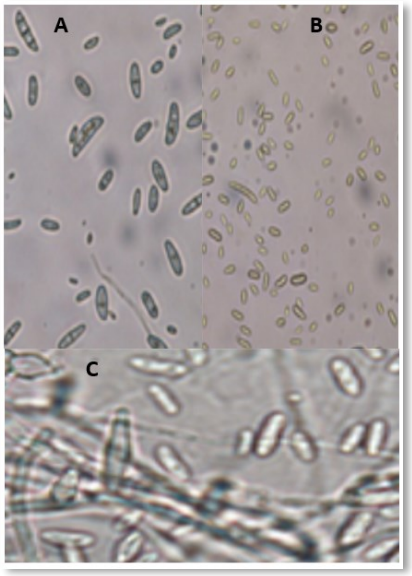


Figura 24. Características microscópicas de los aislamientos de *Fusarium* spp., A. Macronidias; B. Micronidias; C. Fiálides cortas.

Así como mencionan Leslie y Summerell (2006), se requieren criterios biológicos, morfológicos y moleculares para asignar taxonómicamente la posición de las especies de

Fusarium. Esto permite una caracterización más precisa de las especies que pueden estar involucradas en enfermedades de las plantas.

7.1.2. Identificación morfológica y molecular de *Cladosporium* en cebolla

A nivel de laboratorio, *Cladosporium* se caracteriza por un crecimiento rápido en medios de cultivo para hongos como Papa Dextrosa Agar y Agar Extracto Malta, entre otros. La caracterización morfológica muestra que sus colonias son distintivas por su aspecto algodonoso y su gama de colores, los cuales van desde el grisáceo hasta el marrón, como menciona Borrego (2012) (Figura 25).

Figura 25. Crecimiento de *Cladosporium* spp. en medio de papa dextrosa y agar.
Fuente: Elaboración propia

La forma típica de sus conidióforos, que son erectos, rectos o geniculados, producen abundantes cadenas acropetales ramificadas de conídias secas lisas y muestran un distinto hilum coronado oscurecido (Figura 26).

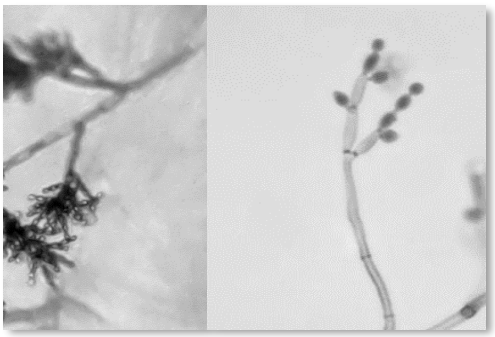
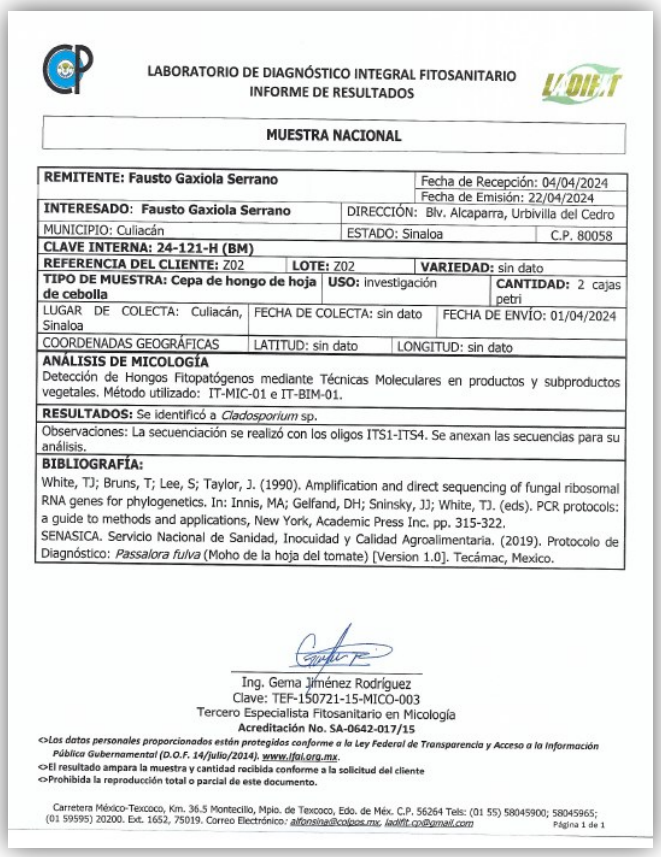


Figura 26. Caracterización de *Cladosporium* spp.

La identificación molecular de *Clarosporium* se realizó a nivel de género (Figura 27). Este patógeno, es uno de los hongos aéreos más frecuentemente aislados y los conidios relativamente pequeños se separan fácilmente y se esparcen por el viento, coincidiendo con Sandoval *et al*. (2015).



LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO INTEGRAL FITOSANITARIO
INFORME DE RESULTADOS

MUESTRA NACIONAL

REMITENTE: Fausto Gaxiola Serrano		Fecha de Recepción: 04/04/2024 Fecha de Emisión: 22/04/2024
INTERESADO: Fausto Gaxiola Serrano	DIRECCIÓN: Blv. Alcaparra, Urbivilla del Cedro	
MUNICIPIO: Culiacán	ESTADO: Sinaloa	C.P. 80058
CLAVE INTERNA: 24-121-H (BM)		
REFERENCIA DEL CLIENTE: Z02	**LOTE:** Z02	**VARIEDAD:** sin dato
TIPO DE MUESTRA: Cepa de hongo de hoja de cebolla	**USO:** investigación	**CANTIDAD:** 2 cajas petri
LUGAR DE COLECTA: Culiacán, Sinaloa	FECHA DE COLECTA: sin dato	FECHA DE ENVÍO: 01/04/2024
COORDENADAS GEOGRÁFICAS	LATITUD: sin dato	LONGITUD: sin dato

ANÁLISIS DE MICOLOGÍA
Detección de Hongos Fitopatógenos mediante Técnicas Moleculares en productos y subproductos vegetales. Método utilizado: IT-MIC-01 e IT-BIM-01.

RESULTADOS: Se identificó a *Cladosporium* sp.

Observaciones: La secuenciación se realizó con los oligos ITS1-ITS4. Se anexan las secuencias para su análisis.

BIBLIOGRAFÍA:
White, TJ; Bruns, T; Lee, S; Taylor, J. (1990). Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In: Innis, MA; Gelfand, DH; Sninsky, JJ; White, TJ. (eds). PCR protocols: a guide to methods and applications, New York, Academic Press Inc. pp. 315-322.
SENASICA. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. (2019). Protocolo de Diagnóstico: *Passalora fulva* (Moho de la hoja del tomate) [Version 1.0]. Tecámac, Mexico.

Ing. Gema Jiménez Rodríguez
Clave: TEF-150721-15-MICO-003
Tercero Especialista Fitosanitario en Micología
Acreditación No. SA-0642-017/15

<>Los datos personales proporcionados están protegidos conforme a la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública Gubernamental (D.O.F. 14/julio/2014). www.ifai.org.mx.
<>El resultado ampara la muestra y cantidad recibida conforme a la solicitud del cliente
<>Prohibida la reproducción total o parcial de este documento.

Carretera México-Texcoco, Km. 36.5 Montecillo, Mpio. de Texcoco, Edo. de Méx. C.P. 56264 Tels: (01 55) 58045900; 58045965; (01 59595) 20200. Ext. 1652, 75019. Correo Electrónico: alfonsina@colpos.mx, ladifit.cp@gmail.com
Página 1 de 1

Figura 27. Diagnóstico de laboratorio de *Cladosporium* spp.

7.1.3 Identificación de *Aspergillus* en cebolla

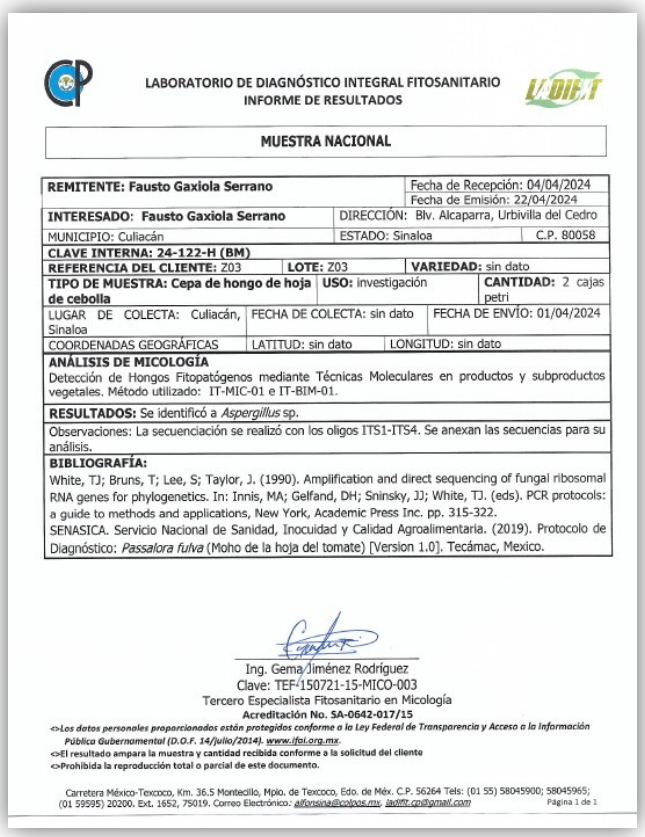
Las características morfológicas para la identificación de *Aspergillus*, es su aspecto algodonoso, además del color, existiendo una variedad de tonalidades de verde, blanco, gris y negro, en forma de anillos (Martínez, 2009) (Figura 28).

Figura 28. Colonia de *Aspergillus* spp. crecida en medio de agar, dextrosa y papa. Imagen propia

Bajo el microscopio, las cabezuelas son biseriadas que producen cadenas de conidióforos pigmentados. Los conidióforos son generalmente cortos, de pared lisa y color café, llegan a su fin en una vesícula dilatada, a la superficie de la cual se forman hileras de fiálides. Las conidias son globosas de pared lisa de color verde pálido (Benavides, 2010) (Figura 29).

Figura 29. Caracterización de *Aspergillus* spp.

La identificación molecular de este patógeno llegó al nivel de género (Figura 30)



LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO INTEGRAL FITOSANITARIO
INFORME DE RESULTADOS

MUESTRA NACIONAL

REMITENTE: Fausto Gaxiola Serrano		Fecha de Recepción: 04/04/2024 Fecha de Emisión: 22/04/2024
INTERESADO: Fausto Gaxiola Serrano	DIRECCIÓN: Blv. Alcaparra, Urbivilla del Cedro	
MUNICIPIO: Culiacán	ESTADO: Sinaloa	C.P. 80058
CLAVE INTERNA: 24-122-H (BM)		
REFERENCIA DEL CLIENTE: Z03	**LOTE:** Z03	**VARIEDAD:** sin dato
TIPO DE MUESTRA: Cepa de hongo de hoja de cebolla	**USO:** investigación	**CANTIDAD:** 2 cajas petri
LUGAR DE COLECTA: Culiacán, Sinaloa	FECHA DE COLECTA: sin dato	FECHA DE ENVÍO: 01/04/2024
COORDENADAS GEOGRÁFICAS	LATITUD: sin dato	LONGITUD: sin dato

ANÁLISIS DE MICOLOGÍA
Detección de Hongos Fitopatógenos mediante Técnicas Moleculares en productos y subproductos vegetales. Método utilizado: IT-MIC-01 e IT-BIM-01.

RESULTADOS: Se identificó a *Aspergillus* sp.

Observaciones: La secuenciación se realizó con los oligos ITS1-ITS4. Se anexan las secuencias para su análisis.

BIBLIOGRAFÍA:
White, TJ; Bruns, T; Lee, S; Taylor, J. (1990). Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In: Innis, MA; Gelfand, DH; Sninsky, JJ; White, TJ. (eds). PCR protocols: a guide to methods and applications, New York, Academic Press Inc. pp. 315-322.
SENASICA. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. (2019). Protocolo de Diagnóstico: *Passalora fulva* (Moho de la hoja del tomate) [Version 1.0]. Tecámac, Mexico.

Ing. Gema Jiménez Rodríguez
Clave: TEF-150721-15-MICO-003
Tercero Especialista Fitosanitario en Micología
Acreditación No. SA-0642-017/15

<>Los datos personales proporcionados están protegidos conforme a la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública Gubernamental (D.O.F. 14/julio/2014). www.ifai.org.mx.
<>El resultado ampara la muestra y cantidad recibida conforme a la solicitud del cliente
<>Prohibida la reproducción total o parcial de este documento.

Carretera México-Texcoco, Km. 36.5 Montecillo, Mpio. de Texcoco, Edo. de Méx. C.P. 56264 Tels: (01 55) 58045900; 58045965; (01 59595) 20200. Ext. 1652, 75019. Correo Electrónico: alfonsina@colpos.mx, ladiftt.cp@gmail.com Página 1 de 1

Figura 30. Diagnóstico de laboratorio de *Aspergillus* spp.

7.2. Incidencia de *Cladosporium* spp.

La incidencia de *Cladosporium* en el cultivo de cebolla fue menor con la implementación de agribón con un valor de 17.19 % con respecto a los demás tratamientos, presentando diferencia significativa (Figura 31).

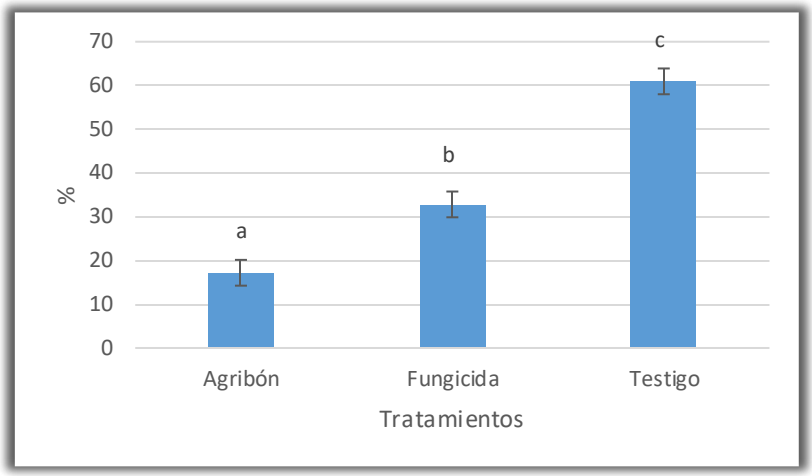


Figura 31. Incidencia de *Cladosporium* en plantas muestra bajo los tres tratamientos utilizados.

Lo anterior sugiere que al modificarse el microclima cercano al cultivo se evitó que se tuvieran las temperaturas y humedades relativas favorables para el desarrollo de *Cladosporium*, así como se menciona en Borrego (2012), quienes señalan que esta enfermedad se desarrolla a temperaturas entre 18 y 28 °C y tan bajo como 6 °C, aunado a una humedad relativa entre 85 y 90 %, lo cual se evitó con el uso el agribón.

7.3. Incidencia de *Fusarium* spp.

La incidencia de *Fusarium* en el cultivo de cebolla fue menor con la implementación de agribón con un valor de 26.56 %, presentando diferencia significativa con respecto a los demás tratamientos (Figura 32).

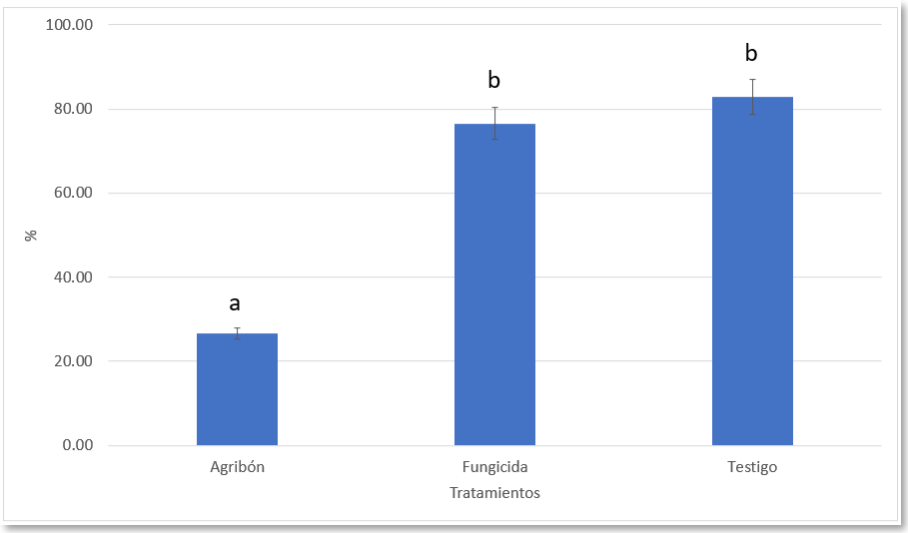


Figura 32. Incidencia de *Fusarium spp. por tratamiento* ± error estándar.

Lo anterior sugiere que la incidencia de *Fusarium* spp. bajo la cubierta de agribón fue menor a los otros tratamientos, ya que, al modificarse el microclima bajo la cubierta, se evitó que se generaran las condiciones para desarrollo y propagación del patógeno, pues las temperaturas fluctuaron entre los 19.6 °C y otras elevadas de hasta 52.2 °C. Además, la humedad relativa osciló entre los 15 y 96.1 %. Al contrario de los tratamientos expuestos a cielo abierto, donde sí se generaron las condiciones para la incidencia del patógeno, donde los registros mostraron temperaturas en un rango entre los 2.7 como mínimas y 48.2 °C como máximas, al mismo tiempo la humedad relativa entre los 19 y 100 %.

La temperatura y humedad relativa influyen en la incidencia de *Fusarium* en el cultivo al presentarse estos factores en sus condiciones óptimas, las cuales van entre los 24 y 28 °C de temperatura, aunada a una humedad relativa entre un rango entre 74 y 80 %, como mencionan Ramos *et al.* (2017).

7.4. Severidad de *Fusarium* spp.

El índice de severidad media del daño por *Fusarium* spp. bajo cubierta de agribón fue menor, ya que el daño causado por este patógeno fue con síntomas leves de solo el 5.1 % de índice de severidad media, presentando diferencia significativa con los tratamientos como fungicida y testigo hubo más plantas dañadas que en cubierta con agribón, debido a las condiciones ambientales un índice de severidad media del 19.5 y 20.7 %, respectivamente (Figura 33).

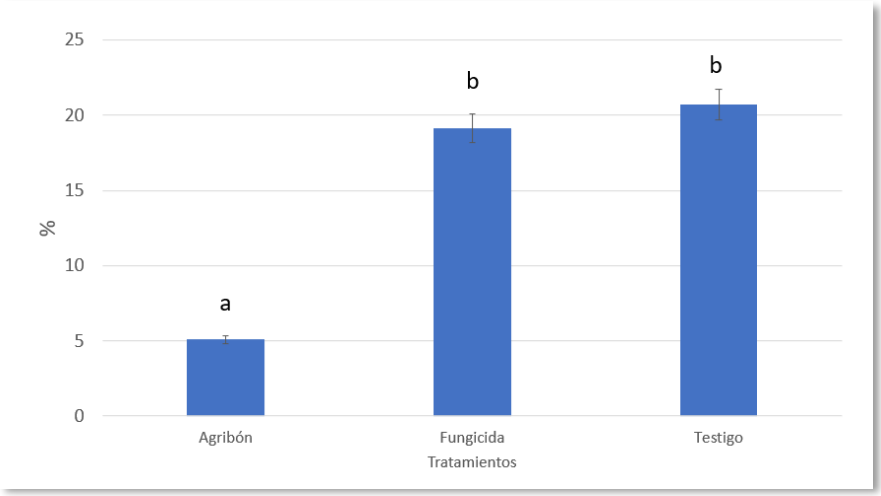


Figura 33. Índice de severidad media de daño de *Fusarium* spp. bajo los tres tratamientos utilizados.

En el campo, cuando se presentan temperaturas, que van entre los 25 y 28 °C, aunadas a humedades relativas mayores de 85 %, se generan las condiciones para el desarrollo de *Fusarium* en las plantas. El hongo coloniza finalmente toda la hoja de arriba hacia abajo. Las plantas se marchitan, los bulbos y los tallos se decoloran, y los tejidos se ven marrones y húmedos. La pudrición puede llegar a la raíz y el crecimiento micelial blanco se puede ver (Rivera y Cabrera, 2012).

7.5. Modificación del microclima bajo la cubierta de agribón

7.5.1. Modificación de la temperatura

El agribón fue determinante en el comportamiento de las variables microclimáticas evaluadas. Con respecto al promedio de la temperatura mínima, se observó que bajo condiciones de agribón, fue de 13.1 ˚C en promedio, mientras que a cielo abierto fue de 9.1 ˚C. La temperatura promedio máxima fue mayor en la cubierta de agribón con 40.4 ˚C, mientras que en cielo abierto fue de 36.4 ˚C (Figura 34).

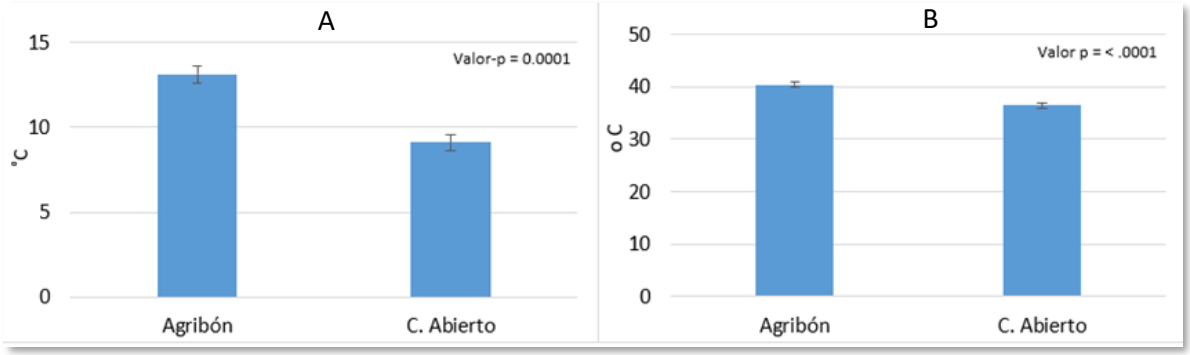


Figura 34. Comparación de las temperaturas mínimas y máximas por tratamiento ± intervalo de confianza.

Durante todo el periodo de toma de información, las temperaturas dentro del agribón fueron superiores a las registradas a cielo abierto. Debido a las características del agribón, este crea un efecto de invernadero conservando el calor bajo la cubierta. Debido a sus características, el agribón produce un efecto de microclima, y la probabilidad de que los patógenos ataquen al cultivo disminuyeron, al no presentarse las condiciones óptimas para su incidencia y propagación como en el caso la presente investigación. Cuando las temperaturas ambientales a cielo abierto superan los 30 °C, la temperatura dentro de las cubiertas aumenta significativamente, como mencionan Wolfe *et al*. (1989).

7.5.2. Modificación de la humedad relativa

En lo referente a la humedad relativa, la cubierta con agribón, presentó una humedad relativa mínima de 26.3 %, mientras que, a cielo abierto, fue de 30.3 % (Figura 35). La humedad relativa máxima fue más alta a cielo abierto, con 98.77 %, mientras que en agribón fue de 94.4 %, existiendo diferencia estadística significativa. En la Figura 3 del anexo se representan las variaciones de la humedad relativa mínima en el interior y al exterior de la cubierta de agribón, mientras que en la Figura 4 del anexo, se presenta la variación de la humedad relativa máxima ocurrida durante el desarrollo de la presente investigación. Durante todo el periodo de toma de datos, la humedad relativa mínima dentro de la cubierta de agribón fue inferior a las registradas a cielo abierto.

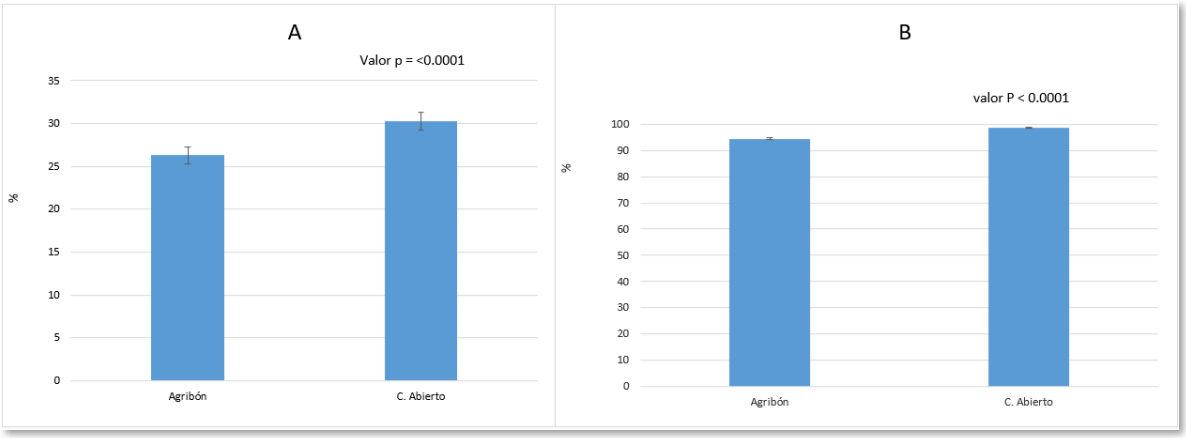


Figura 35. Comparación de la humedad relativa mínima (A) y máxima (B) por tratamiento ± intervalo de confianza.

7.5.3. Modificación del déficit de presión de vapor

El punto crítico para que se desarrollen las enfermedades es el punto de rocío, es decir, la temperatura a la que ocurre la condensación del vapor de agua existente en el aire. Al respecto, en la cubierta con agribón fue de 39.6 ˚C, mientras que a cielo abierto fue de 36.2 ˚C. Esto significa que bajo la cubierta de agribón, es menos probable la condensación de la humedad y, por lo tanto, es condición menos favorable para el desarrollo de enfermedades. Esto se refuerza con el dato del déficit de presión de vapor mínimo, el cual fue más alto en condición de cubierta con agribón, con un valor de 0.070 kPa, mientras que a cielo abierto fue de 0.011 kPa. Lo cual, significa que hubo mejores condiciones de temperatura y humedad para el desarrollo de enfermedades en cielo abierto que en cubierta con agribón, estos resultados coinciden con lo reportado por Mendoza *et al*. (2018) (Figura 36).

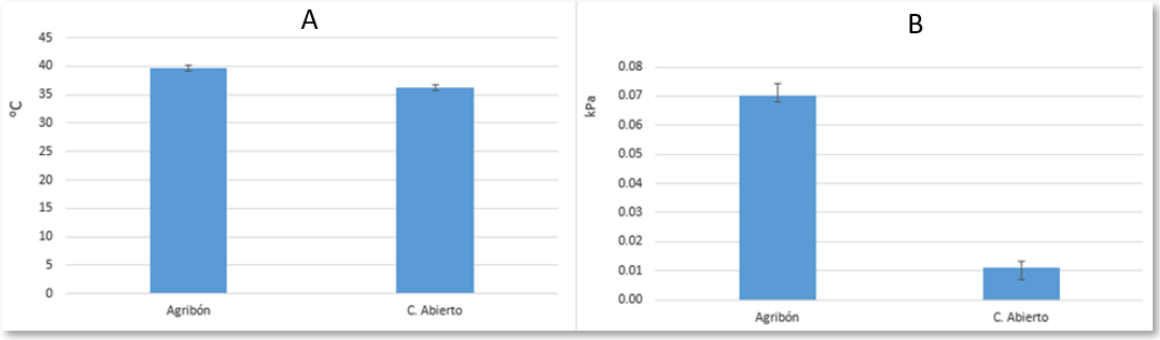


Figura 36. Comparación punto de rocío por tratamiento ± intervalo de confianza, comparación del déficit de presión de vapor mínima por tratamiento ± intervalo de confianza.

Esta información contradice lo planteado por Aguila *et al*. (2020), quienes señalan que el microtúnel, debido a la cercanía de la cubierta con el cultivo se provoca una elevación en la humedad y condensación dentro de la estructura.

7.6. Efecto de la temperatura sobre la incidencia *de Cladosporium*, *Fusarium* y *Aspergillus*

Para que las enfermedades se presenten, es necesario que se den las condiciones ambientales favorables. En esta investigación, la incidencia del patógeno fue baja en la cubierta con agribón ya que se obtuvieron temperaturas mínimas entre 6.7 y 19.6 °C por la noche, mientras que en las máximas se registraron entre 32.5 y 45 °C. De acuerdo con Sánchez y Almaguer (2014) para que se manifieste la enfermedad de *Cladosporium* se requiere una temperatura óptima entre 6 y 28 °C. Sin embargo, Manisha (2012) indica que a temperaturas mayores a 35 °C se inhibe el ataque del patógeno.

Se ha demostrado que *Fusarium* spp. se desarrolla bien a temperaturas de 23 a 28 °C, con un punto óptimo de 25 °C (Gandara *et al.,* 2010; Benaouali *et al.,* 2014). Sin embargo, bajo la cubierta se obtuvieron temperaturas más elevadas a las antes mencionadas, debido al cambio del microclima, lo cual, pudiera explicar el porqué de la incidencia baja. Para que se manifiesten los síntomas de *Fusarium,* es necesario una combinación de temperaturas fluctuantes entre 24 y 28°C en combinación con una humedad relativa mayor a 85 %, lo que proveen las condiciones óptimas para la infección y desarrollo de la enfermedad, donde esta suele darse con el cultivo ya desarrollado, como mencionan Pulido *et al*. (2012).

En cuanto a la incidencia de *Aspergillu*s, se han descrito temperaturas favorables entre los 28 y 35 °C (Sempere y Santamarina, 2021), sin embargo, este se presentó mayormente en

el almacenaje, lo que sugiere una probabilidad de incidencia de este patógeno muy baja en la cubierta de agribón.

7.7. Efecto de la humedad relativa sobre la incidencia de *Cladosporium, Fusarium* y *Aspergillus*

Bajo la cubierta de agribón se registraron humedades relativas mínimas que fluctuaron entre 15 y 48 %, mientras que en las máximas entre 90.6 y 95.8 %. El nivel de incidencia del *Cladosporium* es influida por la humedad relativa asociada a la temperatura. El clima fresco con una humedad relativa aproximada al 90 %, favorece el desarrollo de este patógeno, como lo menciona Manisha (2012). Sin embargo, esta enfermedad no se presenta si la humedad relativa está por debajo de 80 % de acuerdo a lo reportado por Borrego (2016), lo que provocó que el nivel de incidencia en cuanto a *Cladosporium* fuera bajo.

Con respecto a *Fusarium,* tiene que darse una relación de la temperatura con la humedad del aire para que se manifieste la enfermedad. La combinación de estos dos elementos ambientales bajo la cubierta de agribón, provocaron humedades relativas de alrededor del 80 %, provocndo una baja incidencia de fusariosis. Este crece mejor en climas frescos y húmedos, los valores de humedad relativa favorables se encuentran en el rango de 74 y 80 %, a su vez con entornos con sombra, así como lo mencionan Benaouali *et al.* (2014) y Jiménez *et al.* (2015), por lo que su probabilidad de incidencia aumenta.

En cuanto a *Aspergillus*, las condiciones óptimas que favorecen su crecimiento en lo que respecta a la humedad relativa, se encuentran entre el 70 y 90 %, como menciona Sáez (2015). Esto sugiere que el riesgo de incidencia de este patógeno es favorable debido a las humedades relativas registradas bajo la cubierta de agribón, sin embargo, se requieren condiciones en conjunto con la temperatura.

VIII. CONCLUSIONES

1. En la presente investigación se identificó morfológicamente a *Fusarium* spp., como organismo patógeno en el cultivo de cebolla.
2. En esta investigación se identificó morfológica y molecularmente la incidencia de *Cladosporium* spp. y *Aspergillus* spp. en el cultivo de cebolla.
3. En esta investigación la cubierta de agribón, modificó el microclima, provocando un aumento en las temperaturas mínimas y máximas durante todo el desarrollo del cultivo de cebolla.
4. En esta investigación la cubierta de agribón influyó en el comportamiento de la humedad relativa, al observarse que la humedad relativa mínima fue más alta con la cubierta de agribón que a cielo abierto.
5. En esta investigación la humedad relativa y las temperaturas registradas en la cubierta de agribón, favorecieron a una menor incidencia de *Cladosporium* spp., *Fusarium* spp. y *Aspergillus* spp., comparadas con las condiciones de cielo abierto.
6. Las cubiertas de agribón en el cultivo de cebolla, son una alternativa para evitar que las condiciones de temperatura y humedad relativa sean favorables para el desarrollo de estos patógenos.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acevedo, Y. (2014). Taxonomía molecular de aislamientos de fusarium obtenidos a partir de muestras clínicas. Universidad Nacional de Colombia. Tesis de grado para Maestría en Ciencias Biotecnología. https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/21024/88031844.2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Aguila, K., Mc Leod, C., Müller, G. y Cárcamo, J. (2020). Informativo Construcción de Microtunel. DOI: 10.13140/RG.2.2.20226.02246.

Alonso, S. y Molina, A. (2020). Behavior of the cultivable airborne mycobiota in air-conditioned environments of three Havanan archives, Cuba. *Journal of Atmospheric Science Research*, 3(1), 16-28. https://doi.org/10.30564/jasr.v3i1.1910

Ayaz, M., Li, C., Ali, Q., Zhao, W., Chi, Y., Shafiq, M., Ali, F., Yu, X., Yu, Q., Zhao, J., Yu, J., Qi, R., Huang, W. (2023). Bacterial and Fungal Biocontrol Agents for Plant Disease Protection: Journey from Lab to Field, Current Status, Challenges, and Global Perspectives. *Molecules (Basel, Switzerland)*, *28*(18), 6735. https://doi.org/10.3390/molecules28186735

Baffoni, P. (2021). Efectos de compost y lombricompuesto sobre el desarrollo y la sanidad del cultivo de cebolla (Allium cepa L.), con especial énfasis en enfermedades causadas por Rhizoctonia solani y Setophoma terrestris. Universidad Nacional del Sur. Argentina. Tesis de grado para Maestría en Ciencias Agrarias. https://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/handle/123456789/5676/Baffoni%20P.A._TESIS.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Bastida, A. (2017). Evolución y Situación Actual de la Agricultura Protegida en México. In Memorias VI Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas Y Agronómicas (pp. 21-22). http://dicea.chapingo.mx/wp-content/uploads/2018/05/MEMORIA_MESA_3_2_CONGRESO2017.pdf (Consultado, mayo 2022).

Benaouali, H.; Hamini, N.; Bouras, A.; Benichou, S.; Kihal, M., Henni, J. (2014). Isolation, pathogenicity test and physicochemical studies of Fusarium oxysporum f. sp. radicis lycopersici. *Adv. Environ. Biol*. 8(10):36-49.

Benavides, K. (2010). Caracterización microbiológica de lixiviados de materias primas para la fabricación de un compostaje de material ruminal. Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ciencias de la Salud. https://repositorio.ucm.edu.co/jspui/bitstream/10839/74/1/Karen%20Adriana%20Benavides.pdf

Blanco, H. y Granados, M. (2021). Guía para el diagnóstico fitosanitario de hortalizas para pequeños agricultores. Universidad de Costa Rica. https://hdl.handle.net/10669/85626

Borrego, S. (2012). Cladosporium: género fúngico que deteriora soportes documentales y afecta a la salud del hombre. *Boletín del Archivo Nacional*, 18(19-20), 104-118.

Cabrera R., Palafox, S., Valenzuela, -A. (2019). Estrategias para el control del hongo fitopatógeno Fusarium en el sector agrícola: Del control químico al control biológico. *Frontera biotecnológica*. 12: 19:26

Caicedo, X. (2015). Caracterización morfológica de hongos fitopatógenos en el cultivo de cebolla larga (Allium fistulosum) sector lasso, cantón Latacunga, Cotopaxi 2015. Ingeniería Agronómica. UTC. Latacunga. 80 p

Choudhury D, P. Dobhal, S. Srivastava, S. Saha, S. Kundu. (2018). Role of botanical plant extracts to control plant pathogens-A review. *Indian J. Agric. Res*, 52(4): 341-346 DOI: 10.18805/IJARe.A-5005.

Conn, K., Lutton, J. y Rosenberger, S. (2012). Onion diseases. A practical guide for seedsmen, growers and agricultural advisors. SEMINIS. 72p. http://www.seminis.com/sitecollectiondocuments/onion-disease-guide.pdf.

Corrêa, D., Parente, C. y Frases, S. (2024). Hazards Associated with the Combined Application of Fungicides and Poultry Litter in Agricultural Areas. *Journal of xenobiotics*, *14*(1), 110–134. https://doi.org/10.3390/jox14010007.

Del Ángel H., Zermeño G., Melendres A., Campos M., Cadena Z. y Del Bosque V. (2017). Características de la cubierta de un túnel efecto en radiación, clorofila y rendimiento de calabacita. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(5), 1127-1142. https://doi.org/10.29312/remexca.v8i5.113.

Deshmukh, S. y Rai, M. (2005). Biodiversity of fungi: their role in human life. Enfield, NH: Science Publishers. PP. 460, ISBN 1578083680.

Dirección General de Análisis Productivo (DAPRO). (2020). Informe estadístico de la cebolla. Ministerio de desarrollo productivo y economía plural. Gobierno del estado plurinacional de Bolivia. https://siip.produccion.gob.bo/noticias/files/BI_21022020ba0a3_InformeEstadisticoCebolla2020.pdf.

Dirección General de Sanidad Vegetal. Dirección del Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria. (2020). Ficha técnica. Fusarium spp. (Hypocreales: Nectriaceae) Podredumbre de raíces. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/633031/Fusarium_spp__ma_z__2020.pdf

Domínguez, A., García E., Pacheco J., Villanueva J. y Téliz, D. (2002). Control de mosquita blanca y virosis en jitomate con cubierta flotante en Veracruz. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 25. (39), 311-316. Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. https://www.redalyc.org/pdf/610/61025312.pdf

FAOSTAT. (2021). Producción y superficie mundial. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. URL: https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL

Fernández, M. (1969). Introducción a la fitopatología. 3 ed. Buenos Aires. AR: INTA. 1011 p.

Flores, A. (2018). Evaluación de metabolitos bioactivos producidos por Cladosporium Cladosporioides y análisis de su actividad antiviral contra el virus del herpes simplex tipo 1. Universidad Autónoma de Nuevo León. Tesis de grado para Maestría. http://eprints.uanl.mx/15872/1/1080291075.pdf

Fornaris, G. (2012). Características de la planta. Conjunto Tecnológico para la producción de cebolla. Universidad de Puerto Rico. Colegio de Ciencias Agrícolas. https://www.uprm.edu/eea/wp-content/uploads/sites/177/2016/04/2.-cebolla-caracteristicas-de-la-planta-g.-Fornaris-v2012.pdf

Freire, D. (2015). Efecto de ecojambi en el rendimiento y en la incidencia de enfermedades en el cultivo de cebolla de rama (Allium fistulosum L.). Universidad Técnica de Ambato. Ecuador. Tesis de grado. URI: http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/18286

Gandara, B., Saifulla, R. y Basavaraja, M. (2010). Biological control of Fusarium oxysporum f. sp. vanillae, the causal agent of stem rot of Vanilla in vitro. *International Journal of Science and Nature*. 1: 259-261.

Hernández, A. (2005). Uso de las cubiertas flotantes para el control de virosis en la producción hortícola. Centro de investigación en química aplicada. Saltillo, Coahuila. Caso de estudio. http://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1025/548.

Hernández, A., Pineda, A., Noriega, H. (2019). Aislamiento e identificación de Fusarium oxysporum obtenidos de zonas productoras de "ají paprika" Capsicum annumm L. (Solanaceae) en el distrito de Barranca, Perú. Arnaldoa, 26(2), 689-698. https://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.262.26211

Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) y Fundación de la Innovación Agraria (FIA). (2018). Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades Fusariosis en cebolla. Ministerio de Agricultura. Gobierno de Chile. https://bibliotecadigital.fia.cl/handle/20.500.11944/146201.

Jaldo A. (2017). Un análisis de la producción y comercio internacional de cebolla. situación y perspectivas de la cadena de valor en argentina. Recuperado el 10 de enero del 2022 de https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_cicpes_instdeecionomia_jaldoalvaro_dm_analisis_produccion_comercio_cebolla.pdf.

Jarquín, I., Rodríguez J., Lagunes A., Llanderal, C., Pinto, V., Nava, C., y Silva, G. (2014). Citocininas y protector floral para incrementar la calidad del botón floral en rosa de corte. Revista Chapingo serie horticultura. Vol. 20. Núm. 3. pp. 297-305.

Jiménez, K., Schmidt, A., Quesada, M., Moreira, I. (2015). Aislamiento de una bacteria endófita de vainilla (Vanilla planifolia) con actividad biocontroladora in vitro contra Fusarium oxysporum f. sp. vanillae. España. Tecnología en Marcha. 28(2):116-125.

Joublan, J., Vergara M. (2003). Desarrollo vegetativo y productivo de la frutilla (fragaria x ananassa duch.), utilizando una cubierta de agrotextil de diferentes densidades. *Agro sur*. 31(1). 37-47.

Leiva, M., Jacome D., Páez P., Pallo, E., Núñez, R. (2023). Aislamiento, caracterización cultural y morfológica de aislados monospóricos del agente causal del moho gris de la hoja de Solanum lycopersicum L. en la provincia de Tungurahua. *Revis Bionatura* 2023; Volume 8, Issue 3, 17. Pages: 1-7. http://dx.doi.org/10.21931/RB/2023.08.03.17

Leslie, J.; Summerell, A. (2006). The Fusarium laboratory manual. Blackwell Publishing, Hoboken. 278p. URL: https://doi.org/10.1002/9780470278376

Lozada, A. y Zurita, H. (2019). Evaluación de productos orgánicos para el control de araña roja (Tetranychus urticae koch) en el cultivo de fresa (Fragaria vesca). Universidad de Ambato, Ecuador. *Centro sur Agraria*, *1*(3), 1–6. https://doi.org/10.37959/cs.v1i3.11.

Manisha, K. (2012). "Efectos de especies fúngicas: Cladosporium". Revista Iberoamérica, 8(5): 14 p.

Mendoza, C., Ramírez, C., Martínez, A., Rubiños, J., Ojeda, W. y Flores, J. (2018). Influencia de las variables atmosféricas en la producción y calidad de jitomate indeterminado (CID FI) en invernadero. URI: http://hdl.handle.net/20.500.12013/2127.

Miller, S., Pinto, J. y LeJeune, J. (2022). "Antimicrobial Use and Resistance in Plant Agriculture: A One Health Perspective" *Agriculture* 12(2), 289. https://doi.org/10.3390/agriculture12020289

Moreno, A., Aguilar, J., Luevano, A. (2011). Características de la Agricultura Protegida y su entorno en México. *Revista Mexicana de Agronegocios*. Vol. 29. Issue: Julio-diciembre 2011. Páginas: 763-774. https://ageconsearch.umn.edu/record/114479.

Muñoz, R. y Monreal J. (2020). Principales plagas y enfermedades del cultivo de la cebolla en Castilla-La Mancha. URL: http://www.revistaagricultura.com/cebolla/sanidad-y-nutricion/principales-plagas-nbspy-enfermedades-del-cultivo-de-la-cebolla-en-castilla-la-mancha_12414_119_15548_0_1_in.html

Nico, A. y González, M. (2006). Enfermedades de la cebolla provocadas por patógenos de suelo. *Vida rural*, 231, 30-35.

Nielsen, K. (2003). Mycotoxin production by indoor molds, *Fungal Genetics and Biology*, Volume 39, Issue 2. Pages 103-117. ISSN1087-1845. https://doi.org/10.1016/S1087-1845(03)00026-4.

Osuna, F. Sandoval, J., Trejo, C., Alcántar, G., Volke, V. y Ochoa, D. (2007). Cubierta con polipropileno y fertilización potásica en fertirriego: implicaciones en crecimiento, rendimiento y nutrición del jitomate. *Terra Latinoamericana*. 25(1), 69-76

Pérez, I., Caridad, K. (2019). Physiological aspects of the Cladosporium genus from the perspective of its pathogenic, phytopathogenic and biodeteriorant attributes. *Revista Cubana de Ciencias Biológicas*, 7(1), 10. http://www.rccb.uh.cu/index.php/RCCB/article/view/255/331

Pilatasig, A. (2024). Evaluación de productos alternativos para el manejo de mildiu velloso (Peronospora destructor) en el cultivo de cebolla (Allium cepa L.) Universidad Técnica de Ambato. Ecuador. Tesis de grado. https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/41072/1/096%20Agronom%c3%ada%20-%20Pilatasig%20Achachi%20Anabel%20Gissela.pdf.

Pro Citrus. (2019). Guía de recomendaciones para el manejo integrado de Cladosporium spp. "Moho pulverulento" en los cítricos. www.procitrus.org. https://www.procitrus.org/imgapps/info-notas/infonotas-1612278918.pdf

Procuraduría Federal del Consumidor (PROFECO). (2021). Cebolla, que sea la única que te haga llorar. https://www.gob.mx/profeco/articulos/cebolla-que-sea-la-unica-que-te-haga-llorar?state=published#:~:text=En%202020%2C%20la%20producci%C3%B3n%20de,de%20la%20producci%C3%B3n%20(47.8%25).

Pulido, A., Zavaleta, M., Cervantes, D., Grimaldo, J. (2012). Alternativas de control en la pudrición radical de la cebolla para el Valle de la Trinidad, Baja California. *Revista de Mexicana de Ciencias Agrícolas*.3 (1), 97:112. https://doi.org/10.29312/remexca.v3i1.1483

Ramos, F., Bautista, A., Sotelo, H. (2017). Relación de la temperatura y humedad relativa con el brote del hongo Fusarium oxysporum f. sp. vanillae. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(3), 713-720. https://doi.org/10.29312/remexca.v8i3.44

Rivera, L. y Cabrera, I. (2012). Conjunto tecnológico para la producción de cebolla. Enfermedades. Universidad de Puerto Rico. Recinto Universitario de Mayagüez. https://www.uprm.edu/eea/wp-content/uploads/sites/177/2016/04/10.-cebolla-enfermedades-v2012.pdf

Rocha, M. (2022). Plan Estatal de desarrollo Sinaloa 2022-2027. Gobierno del Estado de Sinaloa. https://ped.sinaloa.gob.mx/wp-content/uploads/2022/04/PED27-compressed.pdf

SADER. (2019). Reconversión de cultivos, renovación y rescate del campo. https://www.gob.mx/agricultura/articulos/reconversion-de-cultivos-renovacion-y-rescate-del-Campo#:~:text=La%20reconversi%C3%B3n%20de%20cultivos%2C%20se,se%20vuelvan%20inmunes%20o%20resistentes. (Consulta, enero 2022).

SADER. (2021). Programa de Fomento a la Agricultura, Ganadería, Pesca y Acuicultura. https://www.gob.mx/agricultura/documentos/convocatorias-avisos-y-documentos-del-programa-de-fomento-a-la-agricultura-ganaderia-pesca-y-acuicultura.

Saez, K. (2015). Distribución del género Fusarium y Aspergillus en ambientes naturales de Puebla y Tlaxcala. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Facultad de Ciencias Químicas Tesis de grado. https://repositorioinstitucional.buap.mx/server/api/core/bitstreams/ad834666-5c4a-4c8b-9a1d-0fd1a5770505/content

Sánchez K. y Almaguer M. (2014). Aeromicología y salud humana. *Revista Cubana de Medicina Tropical*. 66(3), 322–337.

Sandoval, M., Sutton D., Martin, A., Cano, J., Wiederhold, N., Guarro, J. y Gené, J. (2015). Cladosporium species recovered from clinical samples in the United States. J Clin Microbiol 53:2990 –3000. doi:10.1128/JCM.01482-15.

Sempere, F. y Santamarina, M. (2021). Efecto de la actividad de agua y la temperatura sobre el crecimiento y la esporulación de Aspergillus niger P.E.L. van Tieghem. Nereis. Interdisciplinary Ibero-American Journal of Methods, Modelling and Simulation. 127-133. 10.46583/nereis_2021.13.817.

SIAP. (2020). Avance de Siembras y cosechas pro cultivo. En línea: http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalCultivo.do

SIAP. (2021). Cierre de la producción agrícola por cultivo. En línea: https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/

Tirado, M., López, G., Amarillas, L., Retes, J., Vega, T., López, J. y López, C. (2021). Identification and virulence of Fusarium falciforme and Fusarium brachygibbosum as causal agents of basal rot on onion in Mexico. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 43(5), 722-733. https://doi.org/10.1080/07060661.2021.1894241

Towsend, G. y Heuberger, J. (1943). Methods for estimating losses caused by diseases in fungicide experiments. *Plant Disease Reporter,* 27:340-343

Walker, C., Muniz, M., Martins, R., Rabuske, J. y Santos, Á. (2018). Susceptibility of Pecan Cultivars to Cladosporium cladosporioides Species Complex. Floresta e Ambiente, 25. https://doi.org/10.1590/2179-8087.026717

Wolfe, D., Albright, L. y Wyland, J. (1989). Modeling rowcover effects on microclimate and yield: 1. Growth response of tomato and cucumber. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114(4): 562-568.

Zamora E. (2016). El cultivo de la cebolla. Universidad de Sonora. https://dagus.unison.mx/Zamora/CEBOLLA-D

ANEXO

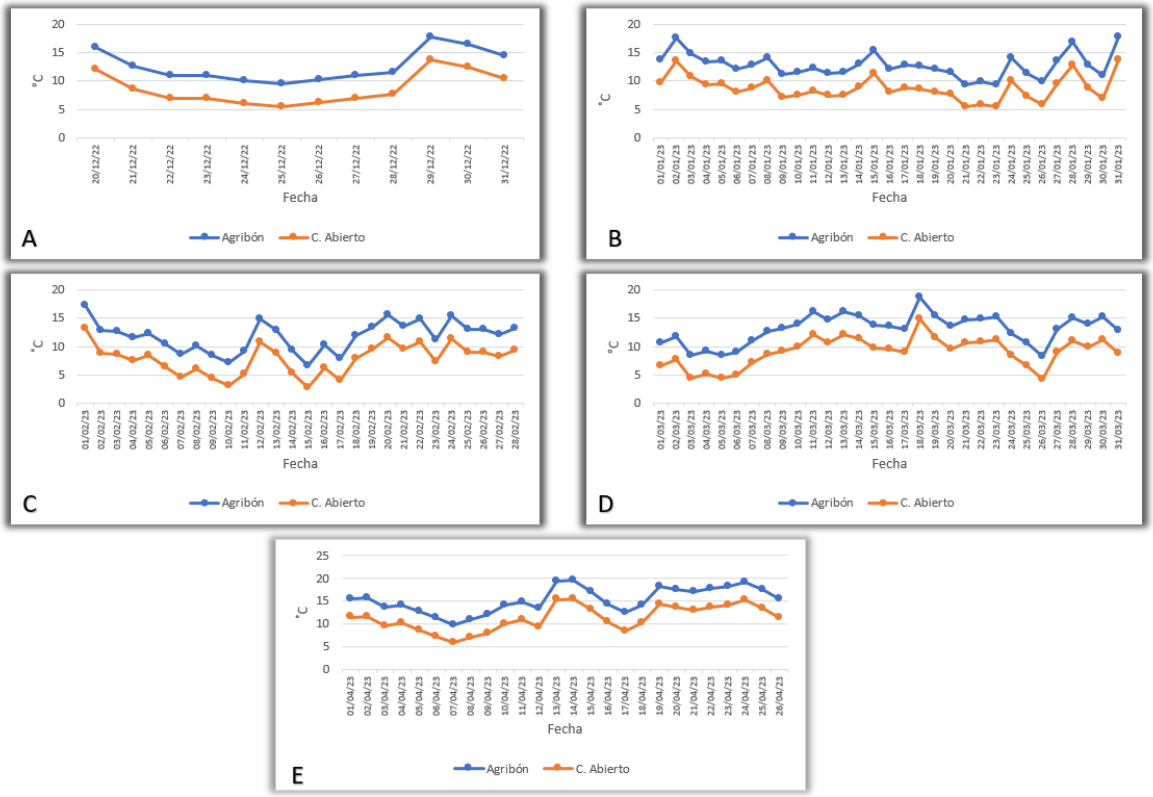


Figura 1. Temperaturas mínimas diarias a cielo abierto y bajo cubierta de agribón

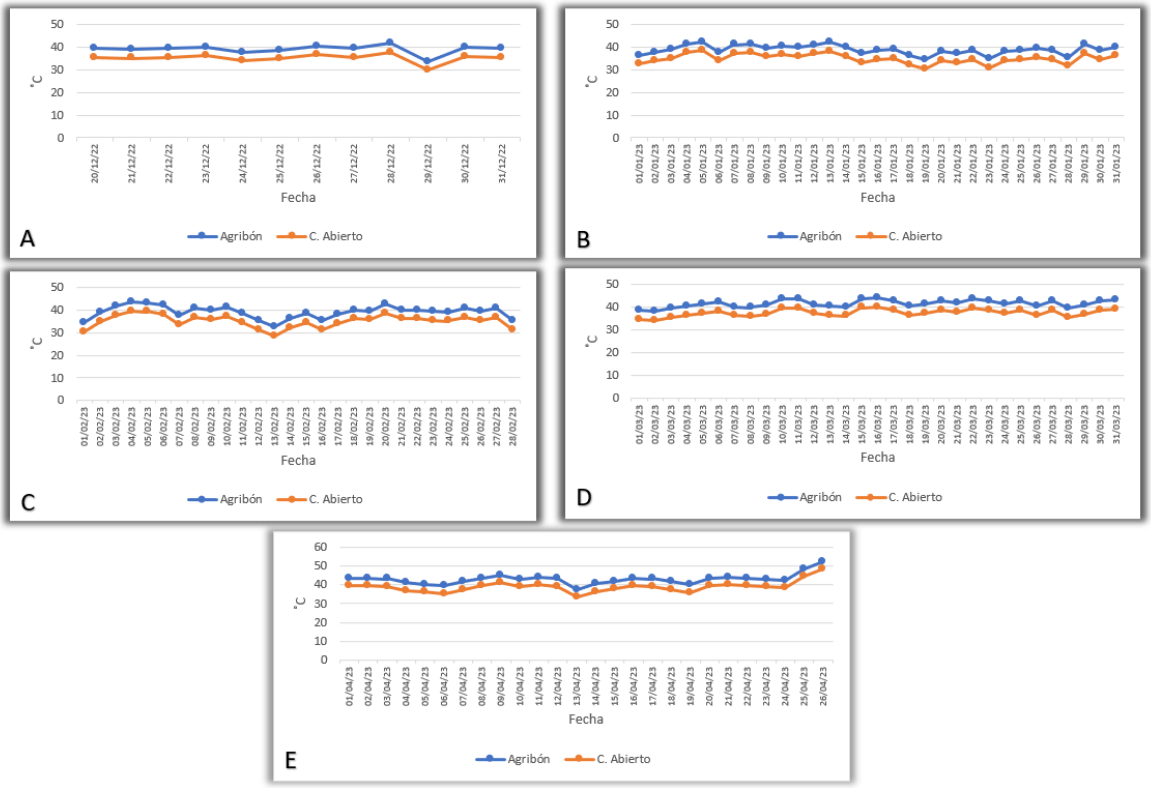


Figura 2. Temperaturas máximas diarias a cielo abierto y bajo cubierta de agribón

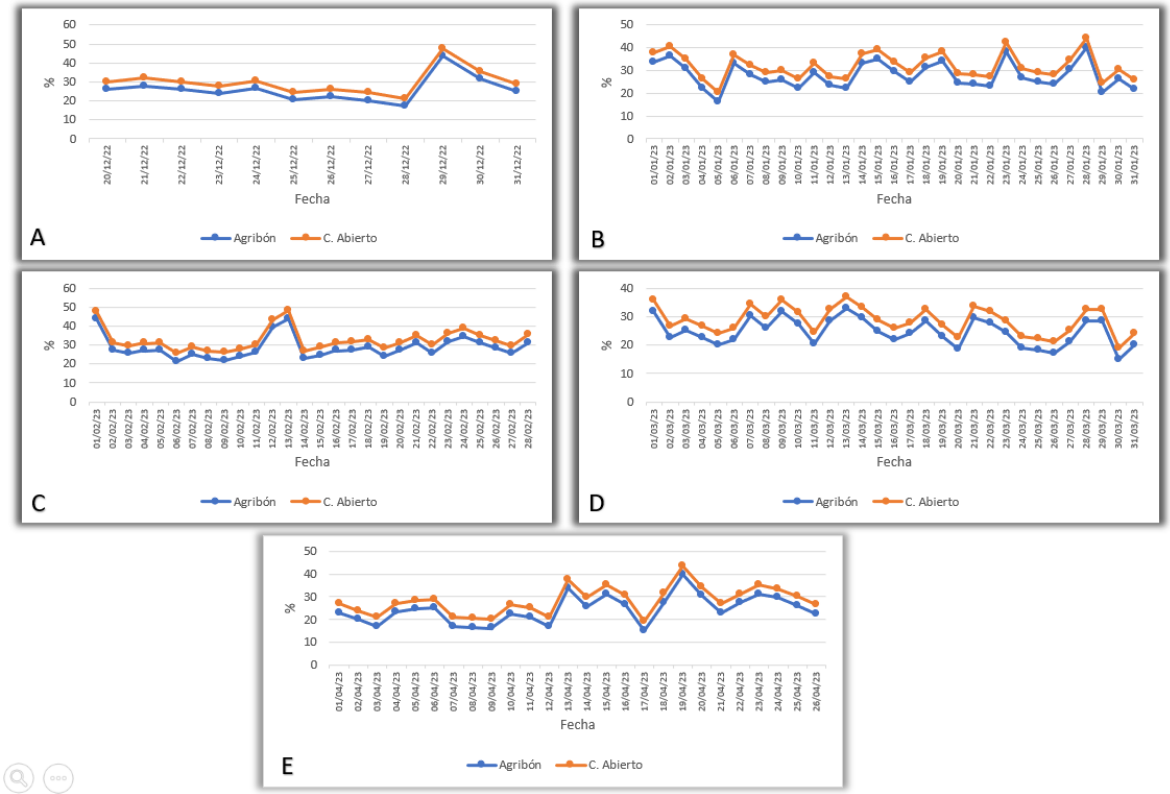


Figura 3. Humedad relativa mínimas diarias a cielo abierto y bajo cubierta de agribón

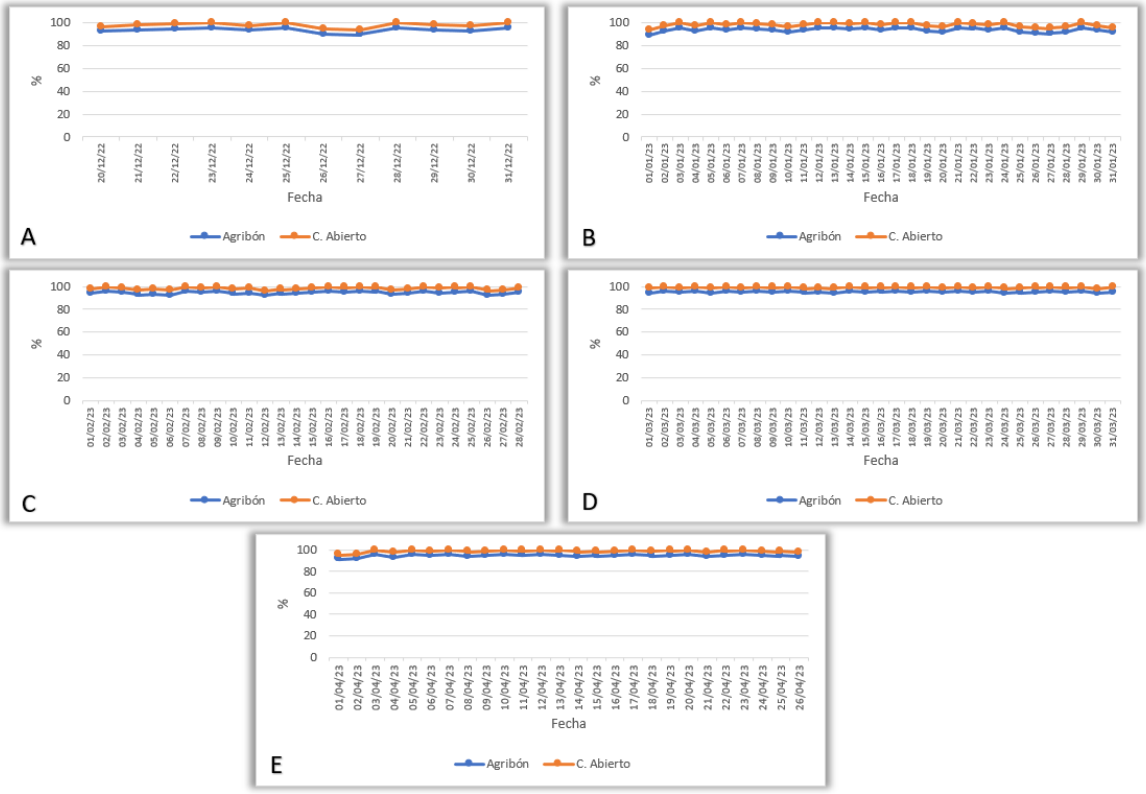


Figura 4. Humedad relativa máximas diarias a cielo abierto y bajo cubierta de agribón