

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Identificación Del Agente Causal De La Rajazón Del Tallo De La Sandía *Citrullus lanatus* Thunb de Guerrero, México

Por:

ELISA JOSE CRUZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Identificación Del Agente Causal De La Rajazón Del Tallo De La Sandía *Citrullus lanatus* Thunb de Guerrero, México

Por:

ELISA JOSE CRUZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Aprobada por el Comité de Asesoría:

Dr. Agustín Hernández Juárez
Asesor Principal Interno

Dr. Juan Mayo Hernández
Asesor Principal Externo

Dr. Epifanio Castro del Ángel
Coasesor

M.C. José Luis Arispe Vázquez
Coasesor

Dr. José Antonio González Fuentes
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México
Diciembre, 2021

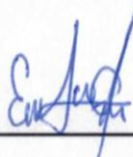
Declaración de no plagio

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

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

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

Pasante



Elisa Jose Cruz

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme vida y salud, por cuidar cada uno de mis pasos y bendecirme siempre, por guiarme hacia el camino correcto, por poner cada día un motivo para seguir luchando y así poder llegar a la meta.

A mi **ALMA TERRA MATER**, por darme la oportunidad de formar parte de ella y así poder prepararme en el ámbito profesional.

Al Dr. Agustín Hernández Juárez, por permitirme llevar a cabo este proyecto, por facilitarme los materiales necesarios y exhortarme a seguir adelante.

Al Dr. Juan Mayo Hernández, por el apoyo a la realización de ese proyecto y la revisión de esta investigación.

Al Dr. Epifanio Castro del Ángel, por brindarme su apoyo, transmitir sus conocimientos y la revisión de esta misma.

Al M.C. José Luis Arispe Vázquez, por su tiempo y apoyo para la revisión del presente trabajo.

A los maestros del Departamento de Parasitología, por sus enseñanzas y conocimientos transmitidos en el proceso de mi formación.

María Cristina Sánchez Flores, por permitirme trabajar en el laboratorio y proporcionarme los materiales necesarios, por los ánimos y la amistad brindada.

DEDICATORIA

A mis padres

Fidel José ventura y Estela Cruz José, gracias por darme la vida, él apoyo, la motivación y los buenos consejos a pesar de los momentos difíciles nunca me dejaron sola, ustedes fueron mi motor para seguir adelante cada día y no rendirme este logro se la dedico a ustedes, gracias a dios por tenerlos conmigo los amo.

A mis hermanos

Valentín, Noé y Carlos, gracias por su apoyo y amistad por los momentos vividos y la motivación.

A mis hermanas

Josefina, Ilda y Marisol, por los bonitos momentos que compartimos cada día, los consejos, la motivación y el apoyo moral.

A mi novio Eleazar Hernández López

Por exhortarme a seguir adelante, por estar conmigo en las buenas y malas, por brindarme su apoyo incondicional y ser un ejemplo a seguir.

INDICE DE CONTENIDO

	Pág.
AGRADECIMIENTOS	v
DEDICATORIA.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE CUADROS	xi
RESUMEN	xii
INTRODUCCIÓN	1
Justificación.....	3
Objetivo general	3
Hipótesis.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Origen del Cultivo	4
Generalidades de la Especie.....	4
Clasificación Taxonómica	5
Importancia del Cultivo	6
Producción Mundial y Nacional de Sandía	6
Descripción Morfológica	8
Raíz.....	8
Tallos.....	8
Hojas	8
Flor	8
Fruto	9
Semilla.....	9
Fenología.....	10
Riego	11
Luz.....	12
Afecciones.....	12
Desordenes fisiológicos.....	12
Control de malezas.....	13
Plagas y Enfermedades	13
Pulgones.....	14
Mosca blanca	14

Enfermedades causadas por virus	14
Enfermedades causadas por Bacterias	15
Marchitamiento bacteriano	15
Mancha angular de las cucurbitáceas	15
Control de la enfermedad.....	15
Enfermedades Causadas por Hongos.....	16
<i>Alternaria cucumerina</i> (Ellis & Everhart) J.A. Elliott (Pleosporaceae).....	16
<i>Didymella bryoniae</i> Rehm Didymellaceae	17
Marchitez vascular por <i>Verticillium</i>	17
Gomosis del tallo	17
Condiciones para el desarrollo de la enfermedad.....	18
Control de la enfermedad.....	18
Cenicilla u Oídio de las cucurbitáceas.....	19
Control	19
Mildiu veloso	20
Daños	20
Tratamiento.....	20
Antracnosis.....	20
Daños	21
Tratamiento.....	21
<i>Fusarium oxysporum</i> Schldl	21
Síntomas.....	22
Marchitez vascular causada por <i>Fusarium oxysporum</i> f. s.p. <i>niveum</i> (E. F. Sm.) Snyd & Hans.....	22
Control	23
MATERIALES Y MÉTODOS	24
Ubicación del experimento	24
Obtención de muestras	24
.....	24
Preparación de los medios	25
Aislamiento del agente causal de la rajazón del tallo de sandía.....	25
Identificación morfológica y morfométrica del agente causal a nivel de género y especie	26

RESULTADOS	27
Aislamiento de cepas	27
Caracterización morfológica	27
Morfometría	31
DISCUSIÓN	32
CONCLUSIÓN	36
LITERATURA CITADA.....	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Muestras obtenidas de la rajazón en tallos de sandía.	24
Figura 2. Crecimiento y coloración micelial de <i>Fusarium</i> spp. en medio de cultivo PDA.....	27
Figura 3. Estructuras morfológicas de <i>Fusarium</i> spp observadas al microscopio a 40x.	28
Figura 4. Estructuras observadas de <i>Fusarium verticillioides</i> identificados en el tallo de sandía.....	29
Figura 5. Estructuras de <i>Fusarium graminearum</i> identificado en el tallo de sandía.	30

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Producción mundial de la sandía de los 11 mayores productores en el año 2019.....	6
Cuadro 2. Producción nacional de sandía de los principales estados productores.	7
Cuadro 3. Etapas fenológicas de la Sandía (<i>Citrullus lanatus</i>).	10
Cuadro 4. Temperaturas críticas para el cultivo de sandía	11
cuadro 5. Promedio de las mediciones morfométricas de las especies de <i>Fusarium</i>	31

RESUMEN

La sandía es una fruta muy apreciada en el mundo por su sabor y por la cantidad de agua que contiene, así como por algunas de sus propiedades medicinales, debido a la presencia del antioxidante licopeno. La rajazón es un problema importante en el tallo de la sandía, la cual, recientemente se ha presentado en el estado de Guerrero donde se produce este cultivo; enfermedad que ha afectado gravemente a las plantas, causando incluso la muerte de la planta. El objetivo de la investigación fue identificar al agente causal en tallos de sandía con síntomas de rajazón. El muestreo se realizó a partir de plantas infectadas con síntomas de rajazón, posteriormente se hizo el aislamiento, utilizando tallos que presentaban este síntoma. La identificación se hizo mediante la siembra en medio de cultivo PDA y se desarrollaron en una cámara para microorganismos por siete días a una temperatura de 26 °C. Para la purificación se hizo la siembra por punta de hifa en medios de cultivo PDA, y para la identificación del patógeno a nivel especie se sembró en medio de cultivo clavel agar en cámara de crecimiento por 26 días a 26°C, para obtener un buen desarrollo de microconidios, macroconidios y fiálides. La identificación morfológica se realizó mediante el uso de claves taxonómicas y morfométricamente mediante el uso del software DinoCapture 2.0. Los hongos identificados a nivel género correspondieron a *Fusarium* spp., con hifas hialinas, fiálides cortas, monofialides, microconidios ovoides y macroconidios en forma de medialuna o canoa. Se identificaron cinco cepas pertenecientes a dos especies, las primeras tres a *Fusarium verticillioides* (Sacc.) Nirenberg (Nectriaceae) con pigmentación purpura violácea, blanco ligeramente morado, amarillenta ligeramente morado, microscópicamente presentaron microconidios ovaladas elípticas, formando cadenas largas y cortas, y las otras dos, correspondieron a *Fusarium graminearum* Schwabe (Nectriaceae) con pigmentación beige y blanquecino, con micelio aéreo algodonoso, macroconidios en forma de medialuna o canoa, fiálides cortas y largas, hifas hialinas y monofialides. El análisis morfométrico se realizó con 100 medidas de cada cepa. Se obtuvo un promedio entre las tres primeras cepas de 7.03374 μm de largo y 3.25824 de ancho en

microconidios, y ancho de hifa de 3.98076 μm , correspondiendo a *F. verticillioides* y un promedio en las otras dos cepas de 32.48009 μm de largo y 4.22206 μm de ancho en macroconidias, y 4.26325 μm de hifa correspondiendo a *F. graminearum*. De esta manera la identificación morfométrica fue consistente con la identificación morfológica.

INTRODUCCIÓN

La sandía es uno de los productos agrícolas que se cultivan en casi todo el mundo, por su frescura es un producto muy demandado, principalmente en la época de calor, aunque su agradable sabor la hace apetecible en cualquier época del año (ASERCA, 1999). Es una fruta apreciada mundialmente, especialmente en México donde ocupa el segundo lugar en importancia dentro de las cucurbitáceas por la superficie sembrada en México (SARH, 1994; Canales, 2003).

En México, la sandía es uno de los cultivos hortícolas más importantes, debido a que es uno de los 7 productos hortícolas que representa el 80% de la producción total del país (SEMARNAT, 2000), además porque genera divisas como productos de exportación y utiliza una gran cantidad de mano de obra durante el desarrollo de su ciclo (Castillo, 1998).

La sandia es uno de los pocos cultivos que se siembra casi en todas las entidades de nuestro país, con una producción nacional en 2020 de 1,362,392.66 t, con un valor de la producción de MX\$ 5,019,145.47, ocupando el primer lugar en producción el estado de Sonora con 514,232.50 t (37.7%), seguido de los estados de Chihuahua con 163,691.50 t (12.0%), Jalisco con 120,979.86 t (8.88%), Veracruz con 95,701.80 (7.02%) y Guerrero con 72,691.12 t (5.33%) (SIAP, 2021a).

El Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) señaló que en 2020 México vendió al exterior 733 mil t de sandía. Por estas ventas, se ubica como el segundo país exportador, cuya participación en la producción nacional de frutos es de 5.7%, con un consumo per cápita de 4.6 kg. En el ranking mundial, el principal destino de las exportaciones mundiales de sandía ha sido Estados Unidos, con compras promedio al año de 750 mil toneladas, siendo México su principal proveedor, con ventas por más de 149 millones 758 mil dólares, después de Estados Unidos, los principales compradores son Japón y Canadá (SIAP, 2021b).

En el cultivo de la sandía el precio está influenciado por la ley de la oferta y la demanda (Berzoza, 2009). Esto origina un problema en los periodos de exceso de oferta, y esta variación temporal de los precios afecta a los productores del sector agrícola de diversas regiones de México, sobre todo aquellos que ocupan un porcentaje considerable en la producción nacional (Ramírez, 2014).

El precio es un factor que afecta económicamente por eso es necesario cultivar en épocas de escasez, si la aparición es temprana o tardía del fruto reditúa al productor buenos dividendos. Esto ha hecho que se busquen formas de obtener su cosecha en temporadas más aptas para el cultivo (Mendoza, 2005).

Otro factor importante en el cultivo de sandía es su susceptibilidad para presentar daño por enfermedades en cualquier etapa de su desarrollo. Estas enfermedades son ocasionadas principalmente por hongos, bacterias, nematodos y virus, los cuales atacan varias partes de las plantas o específicamente la raíz, tallo, hojas o frutos (Acosta *et al.*, 2003).

Existen microorganismos en el suelo representados por hongos y nematodos que son perjudiciales al cultivo, entre estos podemos encontrar: *Pythium* spp, *Rhizoctonia* J. G. Kühn (Agonomycetaceae) *Fusarium* spp, *Phytophthora* spp. *Sclerotium Rolfsii* Sacc (Tuberculariaceae), *Macrophomina* (Botryosphaeriaceae) y nematodos de los géneros *Meloidogyne* (Meloidogynidae) y *Rotylenchulus* (Hoplolaimidae) (Apablaza, 1999).

En el estado de Guerrero, en ciertas zonas productoras de sandía, el manejo fitosanitario por enfermedades ha sido insuficiente, y esto principalmente debido a la aplicación de plaguicidas químicos poco efectivas y sin conocimiento del agente causal para el control de enfermedades.

Justificación

El desconocimiento de la identidad, biología y epidemiología del agente causal de la rajazón de la sandía ha conducido a realizar aplicaciones indebidas de plaguicidas químicos como bactericidas y fungicidas en el cultivo, provocando un aumento en los costos de producción y la continua dispersión del patógeno.

Objetivo general

Identificar el agente causal de la rajazón del tallo de la sandía *Citrullus lanatus*

Hipótesis

Se identificará al menos un agente causal de origen bacteriano y/o fúngico responsable de la rajazón de la sandía.

REVISIÓN DE LITERATURA

Origen del Cultivo

La sandía *Citrullus lanatus* (Thunb) Matsum & Nakai (Cucurbitaceae) es una planta herbácea monoica, de amplia difusión en el país y de consumo generalmente crudo o como postre, resulta ser un fruto muy refrescante que aporta pocas calorías, algunas vitaminas y minerales, compuesta en más de un 90% de agua (Giaconi, 1989).

A la sandía se le considera originaria de los países de África Tropical y de Oriente Medio. Es por esta razón que la región del sur de África se le reconoce como el centro de origen de esta especie, donde aún hoy crece en forma silvestre y de donde los pobladores europeos la llevaron hasta América, en donde se ha extendido considerablemente, siendo uno de los frutos más extendidos por el mundo. Se tiene constancia de más de 150 variedades de sandía, las cuales se clasifican por la forma de sus frutos, color de la pulpa, color de la piel, peso, periodo de maduración, entre otros (Mendoza *et al.* 2012).

Generalidades de la Especie

La sandia está entre las plantas con mayor eficiencia por el uso de los factores ambientales naturales para su crecimiento y proceso metabólico, bajo condiciones normales una sola planta crecerá, tendrá flores, desarrollará frutos que llegarán a una alta cantidad de frutos maduros, solo algunas especies de cultivos herbáceos pueden asimilar luz, agua, dióxido de carbono y los nutrientes del suelo en la cantidad y calidad, de un producto comestible delicioso, en esa cantidad de tiempo (Hall, 2004), por lo que es un cultivo hortícola que provee una alta retribución y tiene relativamente bajo requerimiento de agua comparado con otros cultivos (Ufoegbune, 2014).

Esta especie pertenece a la familia Cucurbitaceae con dos subfamilias, ocho tribus, 118 géneros y cerca de 825 especies además la sandía y sus relativos

silvestres pertenecen al género *Citrullus* de la Subfamilia Cucurbitoideae, tribu Benincaseae Ser., Subtribu Benincasinae (Ser.) C. Jeffrey.

Clasificación Taxonómica

El nombre de *Citrullus* fue usado por primera vez por Forskal en el año 1775, pero H. Shradr fue el primero que clasificó el género sistemáticamente, el cual fue adoptado en el Octavo Congreso Internacional de Botánica en 1954 y algunos de los rasgos morfológicos de importancia taxonómica en varias especies del género *Citrullus* son la estructura del polen, anatomía del fruto, estructura de la semilla, presencia o ausencia de nectarios en las flores, características del embrión y variaciones en el cariotipo (Kole, 2011).

Clasificación Taxonómica de la sandía (CORPOICA, 2000)

Reino: Vegetal

División: Spermatophyta

Clase: Dicotiledoneae

Orden: Cucurbitales

Familia: Cucurbitaceae

Género: *Citrullus*

Especie: *Citrullus lanatus*

Es una especie anual, monoica, herbácea, sin tronco, de tallos o guías tiernas, blandos, flexibles, rastreros que pueden alcanzar de 4 a 6 m de largo, puede tener hábito trepador, su fruto es climatérico, corresponde a una pepónide (falsa baya) con gran contenido de agua, mayor a un 90% y sabor dulce (Peñaloza, 2001).

Importancia del Cultivo

Desde el principio de la civilización, las cucurbitáceas han sido de gran importancia para el hombre como fuente de alimento (Reyes-Carrillo, 2000) y a nivel mundial, es el segundo cultivo vegetal fresco en términos de área cosechada y producción total y recientemente ha sido declarado como un alimento saludable ya que tiene altos contenidos de antioxidantes y licopeno (Davis, 2011), motivo del color rosado de su pulpa, dicho elemento representa el 30% del total de carotenoides del cuerpo humano, además, de ser un magnífico diurético (Casaca, 2005).

El potencial completo nutricional de este cultivo no es conocido. Sin embargo, la sandía es líder entre las frutas y vegetales por su fuente de licopeno, también contiene una variedad de antioxidantes y aminoácidos, los cuales tienen actividad adicional en la promoción de la salud (Davis, 2011).

En los últimos años, la producción de sandía se ha constituido en una alternativa de generación de mejores y más estables ingresos para el agricultor y se estima que la superficie de producción ha sufrido un incremento interesante. Este crecimiento ha sido impulsado principalmente por la demanda de exportaciones, estimando que la sandía genera anualmente 1,209 millones de empleos en forma directa para la sociedad involucrada a esta actividad (FAO, 2008).

Producción Mundial y Nacional de Sandía

China es el mayor productor mundial de sandía con 60'685'24 millones de k, la extensión de terreno que China dedicó en 2019 a producir sandía fue de 1,462,561 ha, con un rendimiento por m² de 4.15 k, el segundo productor mundial es Turquía con 3,870,51 millones de k de sandía, sobre una superficie de 87,990 ha y un rendimiento de 4.40 k/m², India ocupa la tercera posición mundial por producción de sandía, con un volumen de 2,495 millones de k, una superficie de 100,000 h y un rendimiento de 2.50 k/m², el cuarto lugar está ocupado por Brasil

con 2,278.19 millones de kilos, 98,489 ha y un rendimiento de 2.31 kg/m² (Cuadro 1) (FAO,2019).

Cuadro 1. Producción mundial de sandía de los 11 mayores productores en el año 2019.

Países	Toneladas	Hectáreas ha	K/m ²
China	60,685,237	1,462,561	4,15
Turquía	3,870,515	87,990	4,40
India	2,495,00	100,000	2,50
Brasil	2,278,186	98,489	2,31
Argelia	2,206,866	62,673	3,52
Irán	1,930,692	69,013	2,80
Rusia	1,785,277	121,103	1,47
EE. UU.	1,680,514	41,197	4,08
Egipto	1,583,918	48,658	3,26
México	1,345,705	39,347	3,42
Kazajstán	1,340,993	55,782	2,40

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2019).

En 2020, se alcanzó una producción de un 1, 362,392.66 t, con un valor de la producción de MX\$ 5, 019,145.47, ocupando el primer lugar en producción el estado de Sonora con 514,232.50 t (37.7%), seguido de los estados de Chihuahua con 163,691.50 t (12.0%), Jalisco con 120,979.86 t (8.88%), Veracruz con 95,701.80 (7.02%) y Guerrero con 72,691.12 t (5.33%) (SIAP, 2021a).

Cuadro 2. Producción nacional de sandía de los principales estados productores.

Estado	Producción obtenida (t)	Superficie cosechada (ha)
Sonora	514,232.50	10,528.00
Chihuahua	163,691.50	3,268.00
Jalisco	120,979.86	2,289.59
Veracruz	95,701.80	4,684.92
Guerrero	72,691.12	3,128.57
Oaxaca	50,043.22	2,211.09
Campeche	46,142.69	1,439.00
Chiapas	41,706.33	1,912.95
Nayarit	41,648.61	2,625.00
Tamaulipas	36,184.86	1,168.74
Colima	34,380.00	700.00

Fuente: SIAP (2021a).

Descripción Morfológica

Raíz

Las raíces son extensas, pero no profundas, con una raíz pivotante principal y muchas raíces secundarias (Juárez, 2008). La mayor parte del sistema radicular se encuentra distribuido superficialmente (Maroto *et al.*, 2002).

Tallos

Los tallos son herbáceos, blandos y verdes, tendidos, trepadores y largos; con zarcillos caulinares, cuyo extremo puede ser bífido y trífido según este hendido en dos o tres partes. El tallo es cilíndrico, asurcado longitudinalmente y muy veloso; los pelos son inclinados, cortos y finos. Por su débil consistencia se tumban en el suelo, en el cual se apoyan para su crecimiento (CORPOICA, 2000).

Hojas

El limbo tiene el haz muy suave al tacto y el envés muy áspero, con las nervaduras muy pronunciadas, destacándose perfectamente los nervios y hasta las últimas nervaduras que tienen forma de mosaico. Las hojas son oblongas, partidas con segmentos redondeados, poseen de tres a cinco lóbulos que se insertan alternativamente a lo largo del eje principal, y se vuelven a subdividir en otros más pequeños. En la axila de cada hoja nacen unos zarcillos bífidios o trífidios que utiliza la planta para sujetarse al suelo o a otras plantas (CORPOICA, 2000).

Flor

Las flores de la sandía pueden ser estaminadas (masculinas), perfectas (hermafroditas), o pistiladas (femeninas). Las primeras flores en aparecer son las masculinas. La proporción de flores fluctúa entre 7 a 14 flores estaminadas por una flor pistilada. Esto significa que primero aparecerán de 7 a 14 flores estaminadas en el tallo y después vendrá la primera flor pistilada. En esto también hay excepciones y existen variedades que dan flores pistiladas antes de que

aparezcan flores estaminadas; así como también hay genotipos en los que la proporción antes mencionada puede ser menor (Juárez, 2008).

La relación entre flores masculinas y femeninas es de 7 a 1; las flores femeninas se reconocen por un abultamiento muy notorio que presentan debajo de la corola, el cual corresponde al ovario donde más adelante se formará el fruto. El cáliz es de color verde con cinco pétalos unidos por su base, con simetría regular o actinomorfa. Las flores femeninas son solitarias con ovario ínfero triglobular u oblongo con tres estigmas (CORPOICA, 2000).

Fruto

El fruto es una baya globosa u oblonga en pepónide, formada por 3 carpelos fusionados con receptáculo adherido, que dan origen al pericarpio. El ovario presenta placentación central con numerosos óvulos que dan origen a las semillas. Su peso oscila, dependiendo el tipo, entre 1 a 20 kg. El color de la cáscara es variable, pudiendo parecer uniforme (verde oscuro, verde claro) o a franjas de color amarillento, grisáceo o verde oscuro sobre fondos de diversas tonalidades verdes. La pulpa también presenta diferentes colores tales como rojo, rosado o amarillo (Infoagro, 2009).

Semilla

Las semillas son de tamaño variable, generalmente la longitud menor que el doble del ancho, aplanadas, ovoides, duras, peso y colores también variables (negras, marrones, blancas), con expansiones alares en los extremos más agudos (Parsons, 1992).

Estas semillas continúan su maduración al mismo tiempo que el fruto también alcanza su maduración fisiológica y de consumo. No existe dormancia en la semilla de sandía y en caso de ser necesario estas pueden ser sembradas inmediatamente después de su extracción (Juárez, 2008).

Fenología

En el cuadro 3, se observan las etapas fenológicas para el cultivo de sandía, con una duración que oscila entre los 92 y 100 días (Cadena Hortofrutícola de Córdoba, 2008).

Cuadro 3. Etapas fenológicas de la Sandía (*Citrullus lanatus*)

Etapas fenológicas	Días de la siembra
Germinación	5 - 6
Inicio de emisión de guías	18 - 23
Inicio de floración	25 - 28
Plena flor	35 - 40
Inicio de cosecha	71 - 80
Termino de cosecha	92 - 100

Fuente: (Cadena Hortofrutícola de Córdoba, 2008)

Clima

La sandía es una especie que corresponde a un clima cálido y seco. No se desarrolla adecuadamente en climas húmedos con baja insolación, puede producir fallas en la maduración y calidad de los frutos (Alvarado *et al.* 2009).

La humedad relativa óptima para el desarrollo de las plantas es de 65-75%, para la floración 60-70% y para la fructificación 55-65%. El desarrollo de los tejidos del ovario de la flor está influido por la temperatura y las horas de luz. Días largos y altas temperaturas favorecen la formación de flores masculinas y días cortos y temperaturas moderadas favorecen la formación de flores femeninas (Alvarado *et al.*, 2009).

La sandía es menos exigente en cuestión de temperatura que el melón *Cucumis melo* L. (Cucurbitaceae) así como se muestra en el cuadro 4 de las temperaturas, siendo los cultivares tetraploides más exigentes que los normales o diploides, presentando además mayores problemas de germinación (Panta, 2015).

Cuadro 4. Temperaturas críticas para el cultivo de sandía

Etapas fenológicas	Temperatura crítica	
Helada		1 °C
Detención del crecimiento vegetativo	Aire	13-15 °C
	Suelo	8-10 °C
	Mínima	15 °C
	Optima	22-28 °C
Germinación	Máxima	39 °C
	Optima	20-23 °C
Desarrollo	Optima	25-30 °C
Floración	Optima	25 °C
Maduración del fruto	Optima	25 °C

Suelo

No es muy exigente en el suelo, pero los mejores resultados en el rendimiento y calidad se obtienen en los suelos con altos contenidos de materia orgánica, profundos, aireados y bien drenados. Requieren un pH entre 6 y 7. Son plantas extremadamente sensibles a problemas de mal drenaje. Son moderadamente tolerantes a la presencia de sales tanto en el suelo como en el agua de riego (Escalona *et al.*, 2009).

Riego

La sandía es una de las hortalizas más jugosas, tanto en hojas, tallos y frutos, por lo que requiere grandes volúmenes de agua, los cuales, de no ser aplicados en el momento y la cantidad adecuada, pueden ocasionar trastornos fisiológicos en las plantas reduciendo tanto el rendimiento como la calidad de las cosechas, la sandía requiere una gran cantidad de agua para formar el fruto. Debido a que su composición alcanza cerca del 93% de agua, por lo que el requerimiento de la cosecha requiere en gran parte de la humedad disponible en el terreno (Frias-Ramírez *et al.*, 2003).

El riego se recomienda antes de la siembra o trasplante para facilitar la germinación de la semilla, o en su caso, la adaptación de la planta al nuevo ambiente, posteriormente se debe realizar riegos ligeros con intervalos de 10 a 12

días, según las condiciones del cultivo, evitando castigar a las plantas por falta o exceso de humedad, ya que esto retrasa su desarrollo y reduce el rendimiento. Los periodos más críticos en los cuales deben garantizarse el suministro de humedad son antes de la emergencia, al inicio de la floración y cuando los frutos están en desarrollo (Mendoza-Guevara, 2009).

Según FAO WATER (2013), los requerimientos hídricos de la sandía varían según la etapa fenológica, es decir, el volumen de agua que extrae la planta es diferente conforme se va desarrollando.

Luz

La luminosidad influye en el fotoperiodo, es decir, en la relación a la influencia que tiene la duración del día sobre las plantas y principalmente sobre el momento de la floración. Para la sandía, no tiene gran influencia la duración del día, siendo indiferente la influencia de dicha duración. La luminosidad muy débil favorece el ahilamiento en los semilleros y la iluminación intensa incrementa, en general, el número de flores y la precocidad en la maduración de los frutos, una alta intensidad de luz estimula la fecundación de las flores, mientras que una baja intensidad de la luz la reduce (Reche-Marmol, 2000).

Afecciones

Bajo condiciones de secano en zonas áridas no hay problemas serios de insectos plagas o enfermedades, pero cuando el cultivo está creciendo como monocultivo, algunas enfermedades de hongos y bacterias pueden afectar el cultivo (Mahla, 2014).

Desordenes fisiológicos

Estos son causados por agentes no patogénicos que afectan el fruto y la calidad de semilla y por último el rendimiento. La causa puede ser uno o combinación de factores genéticos o nutricionales (Mahla, 2014).

Control de malezas

La maleza compite con el cultivo por agua, luz y nutrimentos; sirve, además, como refugio de plagas y enfermedades que atacan a la sandía. El cultivo debe permanecer libre de malezas hasta que las guías cubran el terreno. El cubrimiento total del cultivo impedirá la germinación y desarrollo de la maleza. Las principales especies que infestan al cultivo son: quelites *Amarantus* L. (Amaranthaceae), chicalote *Argemone mexicana* L. (Papaveraceae), hierba ceniza *Croton* sp. (Euphorbiaceae), mancamula *Solanum rostratum* Dunal (Solanaceae), zacate pinto *Echinochloa colonum* L. (Poaceae), zacate grama *Cynodon dactylon* (L) Pers, (Poaceae), zacate fresadilla *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop. (Poaceae), Trompillo *Solanum elaeagnifolium* Cav. (Solanaceae), la gloria de la mañana *Convolvulus* sp. (Convolvulaceae). El control de la maleza se puede realizar con cultivadora hasta que el desarrollo de la planta permita, y se complementa con deshierbes manuales y azadón (INIFAP-CIRNO, 2003).

Plagas y Enfermedades

Globalmente está estimado que el 10% del rendimiento en la agricultura es destruido por plagas antes de ser cosechado, a pesar de medidas intensivas de protección a cultivos incluyendo el uso extensivo de pesticidas químicos. Aunque el uso de plaguicidas químicos ha aumentado de 15 a 20 veces en los últimos 40 años, las pérdidas estimadas de los cultivos a causa de las plagas también han aumentado significativamente, y el control exitoso de las plagas por agentes biológicos naturales es importante económica y ecológicamente (Martin, 2013).

Las plagas y enfermedades que se presenten en una producción dependen, además de los factores abióticos, del tipo de manejo. Existe una gran cantidad de insectos dentro del cultivo de cucurbitáceas, sin embargo, solo unas cuantas plagas son potencialmente dañinas, otras especies son plagas secundarias y la mayoría son insectos benéficos (Fu y Ramírez, 1999).

Pulgones

Myzus persicae Sulzer (Hemiptera: Aphididae) son insectos hemípteros, se les encuentra en el envés de la hoja en pequeñas colonias. Producen daño a la planta con su picadura ocasionando salida de savia, paralización de crecimiento y rizado, debilitamiento general de la planta. Se logra combatir utilizando insecticidas tales como: bifentrina, endosulfan, buprofezin, etc. (Reche, 2015).

Mosca blanca

Bemisia tabaci Gennadius (Hemiptera: Aleyrodidae) es un insecto chupador que causa grandes daños en los cultivos y transmite enfermedades, el principal problema que causa ocurre cuando esta transmite enfermedades causadas por virus. Es identificada por su estado inmaduro (pupa) en la parte inferior de las hojas, los adultos miden de 1 a 1.5 mm, al igual que otros insectos chupadores suelen ubicarse en el envés de las hojas ya que es la zona con mayor porosidad y accesibilidad para su aparato bucal picador-chupador (Morales, 2017).

Los daños directos amarillamiento y debilitamiento de las plantas son ocasionados por los adultos al alimentarse absorbiendo la savia de las hojas. Los daños directos se deben a la proliferación de negrilla sobre la planta producida en la alimentación, manchando los frutos y dificultando el desarrollo normal de las plantas (Gonsálbes, 2012).

Enfermedades causadas por virus

Ocasionalmente y durante los últimos años se han presentado problemas por la incidencia de virosis como es el caso del mosaico del pepino (VMP), mosaico de la sandía (VMS) y la mancha angular del tabaco (VMAT), para lo cual se recomienda utilizar variedades tolerantes, eliminar plantas infectadas, control de malezas e insectos como la mosquita blanca (*Bemisia tabaci*), la chicharrita (*Empoasca* sp.) y los pulgones (*Myzus persicae*) que son los principales insectos transmisores de virus (Acosta *et al.*, 2003).

Enfermedades causadas por Bacterias

Probablemente este grupo de patógenos constituyen el segundo en importancia, luego de los hongos, si tenemos en cuenta el número y gravedad de las enfermedades que producen. Pueden ser consideradas como los organismos más pequeños capaces de desarrollarse independientemente, a diferencia de los virus (Mendoza, 1999).

A través del salpicado de agua pueden diseminarse y dar inicio a una nueva infección. Algunas incluso, pueden dispersarse a través de suelo contaminado arrastrado por el viento, también puede moverse fácilmente a través de herramientas, manos o ropa contaminada, por eso es importante el control higiénico dentro de nuestro cultivo (Mendoza, 1999).

Marchitamiento bacteriano

Erwinia tracheiphila Smith (Enterobacteriaceae) enfermedad vascular cuyos daños oscilan desde algunas plantas muertas hasta la destrucción total del cultivo. Ataca a todas las cucurbitáceas (melón, sandía, calabaza). Aparecen en las hojas manchas de color verde que se extiende con rapidez, pasando a través de los pecíolos, a los tallos, lo que provoca un marchitamiento general de la planta. Al cortar un tallo enfermo y hacer presión aparece un líquido blanquecino y pegajoso formado por bacterias y savia (Guerrero y Zamora, 2008).

Mancha angular de las cucurbitáceas

Pseudomonas syringae p.v. *lachrymans* (Pseudomonadaceae) afecta a las cucurbitáceas (melón, sandía, calabaza). En melón, sobre todo en semilleros, ocasiona importantes daños. Los síntomas son manchas en hojas de ocho milímetros delimitadas por las nervaduras (Guerrero y Zamora, 2008).

Control de la enfermedad

Utilizar semillas sanas o desinfectadas, evitar el exceso de humedad ambiental y eliminar las primeras plantas enfermas. Realizar tratamiento en caso de desarrollo de la enfermedad con Oxiclورو de cobre, Mancozeb, Maneb o Zineb. De manera

pasiva, ya que con cualquier herida, facilita la entrada de bacterias y hongos por las heridas que se ha provocado (Chew y Jiménez, 2002).

Enfermedades Causadas por Hongos

El cultivo de sandía es susceptible de presentar daño por enfermedades fungosas en cualquier etapa de desarrollo, los cuales pueden atacar a varias partes de las plantas o ser específicos de la raíz, tallo, hojas o frutos (Acosta *et al.*, 2003).

***Alternaria cucumerina* (Ellis & Everhart) J.A. Elliott (Pleosporaceae)**

Los síntomas se presentan a mediados de la temporada. Las hojas superiores en el centro de la planta presentan manchas de color café o marrón oscuro formando anillos concéntricos en el haz, las hojas se secan y caen prematuramente. En las hojas superiores aparecen formaciones algodonosas de color negro o café oscuro, cuando el ataque es muy severo, las plantas atacadas por esta enfermedad se defolian, afectando el rendimiento y calidad del fruto, también es característica la presencia de un halo clorótico alrededor de las lesiones. En estados muy avanzados de la enfermedad las hojas se secan completamente (García *et al.*, 2002).

A. cucumerina se reproduce formando esporas (conidios) que son diseminadas principalmente por el viento y la humedad, la humedad relativa es alta y es necesaria la presencia de agua libre sobre las hojas y una temperatura entre 12 y 30 °C. El periodo de incubación es de 3 a 12 días para el desarrollo de la enfermedad (Mendoza, 1999)

Para el control de *A. cucumerina* en el cultivo de sandía, al igual que para *Didymella bryoniae* Rehm (Didymellaceae) es necesario evitar la condensación de agua sobre las plantas. Como rotación es recomendable mantener las parcelas afectadas un mínimo de dos años sin cultivos de cucurbitáceas (García *et al.*, 2002).

***Didymella bryoniae* Rehm Didymellaceae**

El Tizón gomoso del tallo es una enfermedad típica del follaje en las cucurbitáceas, que puede causar destrucción total de la planta, en caso de que no se adopten medidas preventivas y / o curativas (Keinath, 2008), o disminuir el rendimiento y calidad de los frutos, pues afecta la apariencia externa de los mismos, los síntomas ocasionados por esta pueden ser confundidos con los de otras enfermedades fungosas y bacterianas. Además del follaje, puede producir manchas en los frutos, sobre todo en la pulpa y corteza donde aparecen áreas de color amarillo a marrón, mientras que en las semillas aparecen moteados con estructuras reproductivas del hongo (Kothera *et al.*, 2003).

Marchitez vascular por *Verticillium*

El organismo causante de esta enfermedad es *Verticillium dahliae* klebahn (Plectosphaerellaceae), el cual produce microesclerocios que sobreviven en el suelo por varios años (Chew y Jiménez, 2002).

Como la mayoría de las enfermedades, los primeros síntomas se observan en las hojas basales, las cuales pierden su color verde brillante, una o varias partes de la hoja se tornan cloróticas en forma de "V" invertida y posteriormente se mueren. Por lo general todas las hojas más viejas mueren y la clorosis avanza, este síntoma se presenta en una o varias guías antes de que las plantas mueran. Si efectuamos un corte en el tallo a la altura de la corona podemos observar que la coloración es más notoria a nivel de los pecíolos. Debido a la defoliación los frutos quedan expuestos (Chew y Jiménez, 2002).

Gomosis del tallo

Chancro gomoso del tallo y necrosis foliares causadas por *Didymella begonias* Auersw REM (Didymellaceae), causa diferentes tipos de sintomatología en el cultivo de sandía. Sobre las hojas afectadas, es característica la aparición de pequeñas manchas necróticas intervenales que van extendiéndose y en algunos casos llegan a destruir casi por completo la parte aérea del cultivo. La infección

inicia como un marchitamiento en el margen de la hoja progresando hacia el centro, finalizando en un ennegrecimiento de la hoja (García *et al.*, 2002).

En las zonas basales del tallo y ramas, principalmente se forman chancros oscuros acompañados de exudados gomosos rojo o marrón característico. Pequeñas estructuras negras se van desarrollando dentro del tejido infectado. Los tallos sufren un estrangulamiento, causando la muerte de los tejidos por encima de este punto (Infoagro, 2009). En algunos casos las plantas afectadas pueden marchitarse. También se han descrito infecciones a frutos, principalmente en cultivos de invernadero, en forma de podredumbre blandas en las zonas apical o peduncular (García *et al.*, 2002).

Condiciones para el desarrollo de la enfermedad

El hongo sobrevive de una estación a otra sobre cultivos infectados, malezas o residuos de otros cultivos. Puede también transmitirse por medio de las semillas. Las heridas producidas durante la poda, recolección o las lesiones causadas por insectos, son una importante fuente de entrada para el hongo en tallos y hojas (Infoagro, 2009).

Control de la enfermedad

Para evitar la enfermedad, es muy importante utilizar material de plantación sano. Las heridas causadas en el proceso de injerto son una vía potencial de entrada de *D. bryoniae*. Como medida preventiva para invernaderos es la ventilación para evitar la acumulación de agua sobre las plantas. Para el control químico, existen diferentes materias activas de acción protectora efectivas frente a patógenos como Mancozeb, propineb, clorotalonil, etc. También se dispone de fungicidas con capacidad de penetración en los tejidos vegetales como Iprodiona, Procimidina, Azoxystrobin, Kresoxim-metil, etc. Este tipo de productos solo mejora el control, sobre todo en condiciones de alta presión de enfermedad, pero presenta el problema de la aparición de resistencia (Infoagro, 2009).

Cenicilla u Oídio de las cucurbitáceas

Causado por *Sphaerotheca fuliginea* (Schltdl) Pollacci (Erysiphaceae), aparece en hojas, peciolas y yemas jóvenes de las cucurbitáceas, como una masa blanca con aspecto de ceniza, compuesta de micelio denso e incontable número de esporas. Bajo condiciones medioambientales favorables, la superficie de la hoja puede ser abarcada completamente, incluso llegar a cubrir ambas superficies y además provocar una defoliación prematura en las plantas. La infección puede alcanzar tejidos más profundos y llegar a tal grado que las hojas tomen una coloración amarilla, luego marrón y finalmente secarse, la germinación ocurre a valores inferiores al 20% de humedad relativa, inclusive en ausencia de agua, su desarrollo óptimo se manifiesta entre los 26 y 28°C, aunque oscila entre los 22 y 31°C (Hansen, 2000).

El ciclo de vida puede iniciarse a partir de conidios o de ascosporas, estas estructuras al entrar en contacto con el hospedante bajo condiciones propicias inician la germinación, puede comenzar en dos horas, el primer tubo germinativo es usualmente corto y forma un apresorio, cuando el primer haustorio se establece puede emerger, tubos germinativos adicionales desde otros puntos de la misma espóra. Luego de cuatro días de establecida la infección los conidióforos se forman y comienza la esporulación, en un período de cinco a seis días se completa el ciclo de vida de estos patógenos. Los cleistotecios se forman sólo después de haber transcurrido varias semanas, específicamente hacia el final del ciclo vegetativo del cultivo y bajo condiciones ambientales adversas (Pérez *et al.*, 2009)

Control

Evitar cultivos demasiado densos, utilizar plántulas sanas, no exceder aplicaciones de fertilizantes nitrogenadas, eliminar malas hierbas y restos del cultivo. Para el control químico es importante actuar inmediatamente después de la aparición para que no haya un aumento rápido, se puede utilizar fungicidas protectivos que pertenecen a diferentes grupos, como Dinocap, Quinometionato, clorotalonil y azufre. Al no penetrar en los tejidos vegetales, estos productos pueden no

controlarse correctamente las infecciones en el envés y además hay que tener en cuenta las posibles reacciones fitotóxicas (García *et al.*, 2002).

Mildiu velloso

Enfermedad producida por un hongo endoparásito (desarrollado en el interior de los tejidos), llamado *Pseudoperonospora cubensis* (Berck & M. A. Curtis) Rostovtset (Peronosporaceae), del grupo de los ficomicetos, que afectan solo las hojas y tallos en donde la infección se produce a través de las estomas, la humedad es el principal factor para la infección, tanto en temperaturas altas como bajas, infección que es persistente cuando la niebla y rocío son persistentes. La infección se produce desde los 10 hasta los 28°C siendo su óptimo de 15 a 19°C. También las temperaturas superiores a 30°C evitan el desarrollo del hongo (Reche, 1988).

Daños

The American Phytopathological Society (2004) argumenta que la enfermedad presenta manchas irregulares de color café en el haz de la hoja; las lesiones del envés son café, ataca únicamente a las hojas, lo cual no permite que las plantas se desarrollen con normalidad; en consecuencia, los frutos son insípidos o desagradables.

Tratamiento

Se puede utilizar productos a base de sales de cobre, Zineb, Maneb, Mancozeb, Propineb, Ziram, Diclofluanida, también se utiliza el Captan en espolvoreo, conviene, además, el uso de un buen abonado perfectamente potásico y fosfatado; no repetir el cultivo en el mismo terreno; quemar los focos iniciales de hoja y tallos atacados por estos criptogramas y destruir las cucurbitáceas silvestres y los restos de las plantas de sandía una vez realizada la recolección (Reche, 1988).

Antracnosis

Conocido también por niebla, es quizás una de las más graves enfermedades que afectan a la sandía; esta es producida por el hongo *Colletotrichum orbiculare*

Damm Cannon P. F. & Crous (Glomerellaceae), ataca hojas, tallos y frutos se propaga por las semillas de frutos atacados, sobreviviendo durante el invierno en los tallos enfermos, pudiéndose diseminar sus esporas con las lluvias y aguas superficiales de riego, la germinación y desarrollo del hongo tiene lugar entre los 20 y 30°C. El tiempo húmedo y lluvioso favorece la esporulación y diseminación (Reche, 1988).

Daños

Almodóvar (2008) indica que esta enfermedad es común en el follaje y frutos de sandía, melón y pepino, las lesiones aparecen cerca de las venas y son de color marrón claro a rojizo, las hojas se distorsionan y los centros de las lesiones se caen, en los peciolo y tallos las lesiones son más alargadas y de color crema oscuras, en los frutos se observan lesiones circulares, hundidas y acuosas; en los frutos jóvenes tienen manchas negras, lo que puede llevar a malformaciones o aborto del fruto.

Tratamiento

Desinfección de semillas, tratamiento en plantas adultas; utilización de variedades resistentes, entre otras prácticas culturales (Reche, 1988).

***Fusarium oxysporum* Schldl**

Los daños más comunes en este cultivo son ocasionados por marchitez ocasionada por el hongo *Fusarium* Link (Nectriaceae), que penetra en la planta a través de las raíces. La enfermedad se manifiesta por un marchitamiento generalizado de toda la planta, combinado o no, con amarillento de las hojas viejas, si ocurre en estado de plántula, se produce una pudrición blanca acuosa y las plántulas se achaparran (Acosta *et al.*, 2003).

Esta enfermedad se observa, mayormente, cuando las plantas están alcanzando su máximo desarrollo y han iniciado la fructificación, la diseminación del fitopatógeno puede realizarse por el agua de riego, semillas, viento, implementos agrícolas etc. (Acosta *et al.*, 2003).

La Fusariosis vascular clásica se ve favorecida por temperaturas bajas (18-20°C). Se propaga a través de los conidios que, formadas en las lesiones de los tallos, son transportadas mediante el aire. Estas son muy resistentes a la desecación y a variaciones considerables de la temperatura. Se pueden conservar en las fisuras y en los rincones de las estructuras, en los sustratos y paredes de los contenedores durante varios años. Los residuos de cultivos precedentes enfermos que se han dejado en un lugar ventilado puede ser fuente de contaminación (Gomes, 2005).

Síntomas

Los síntomas suelen presentarse en el momento de la recolección de los primeros frutos, la presencia de marchitez en el cuello de la raíz, como consecuencia del arrollamiento de los tejidos parenquimáticos. Si las plantas no mueren quedan subdesarrolladas y al realizarse un corte transversal del tallo y raíz, se puede observar la decoloración de los ejes vasculares; estos se tornan café o pardos, el sistema radicular presenta podredumbre de color marrón, la necrosis interna de la zona vascular de la planta no es sistemática. El hongo puede formar en la base del tallo fructificaciones de color rosa-anaranjado que son una de las fuentes de diseminación de la enfermedad (Acosta *et al.*, 2003).

En las plantas adultas los síntomas de daños se acentúan más durante las horas de calor intenso, las plantas tienen apariencia de falta de agua y con frecuencia no llegan a producir y mueren (Gomes, 2005).

Marchitez vascular causada por *Fusarium oxysporum* f. s.p. *niveum* (E. F. Sm.) Snyd & Hans

La sandía es susceptible al ataque de *Fusarium oxysporum* f. s.p. *niveum* en todos los estados de crecimiento, cuando la infección se produce en semilleros su resultado es la muerte de las plántulas. En plantas adultas, la secuencia de síntomas que habitualmente comienza con el amarillamiento de las hojas basales avanzando progresivamente por las ramas, que presentan estrías neuróticas y exudados de color pardo oscuro, la planta se va marchitando, especialmente bajo condiciones de estrés hídrico o en el momento de la maduración de los frutos, estos síntomas pueden afectar sólo a unas ramas o a toda la planta. Así mismo, el

síntoma más claro de la acción de *Fusarium oxysporum* f.s.p. *niveum* es considerado el más importante de los hongos causantes de marchitez en los cultivos de sandía alrededor del mundo (Egel *et al.*, 2007).

Las clamidosporas son la principal estructura de supervivencia de este hongo, permitiéndole permanecer en el suelo durante largos períodos de tiempo de modo que una vez que se haya introducido en un campo puede sobrevivir durante un período de 10 años o más (García *et al.*, 2002).

Las principales vías de transmisión de la enfermedad son el transporte del suelo infectado y el agua de riego contaminada tras atravesar zonas infestadas. Además, este patógeno puede transcurrir también por semillas infectadas (García *et al.*, 2002).

Control

Uso de variedades resistentes o tratamiento de las semillas. Rotación de cultivos por lo menos durante cinco años, limpiar y lavar la maquinaria después de usarse en algunos lugares infestados y pulverizaciones preventivas con Oxiclورو de cobre (Acosta *et al.*, 2003).

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del experimento

Durante el período estacional primavera-verano en 2021, se desarrolló la presente investigación en los laboratorios de Entomología molecular y alternativas de control de plagas y Fitopatología del Departamento de Parasitología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), en Buenavista, Saltillo Coahuila, ubicada entre las coordenadas geográficas 25° 21'13'' LN, 101° 01'56'' LO, 1,610 msnm.

Obtención de muestras

Las muestras fueron colectadas en parcelas comerciales de sandía en el municipio de Tecoaapa Guerrero. Las plantas colectadas presentaban síntomas de rajazón en los tallos como se muestra en la fig. 1. Estas muestras fueron envueltas en papel periódico selladas y de esta manera enviada a Saltillo, Coahuila y procesadas inmediatamente.

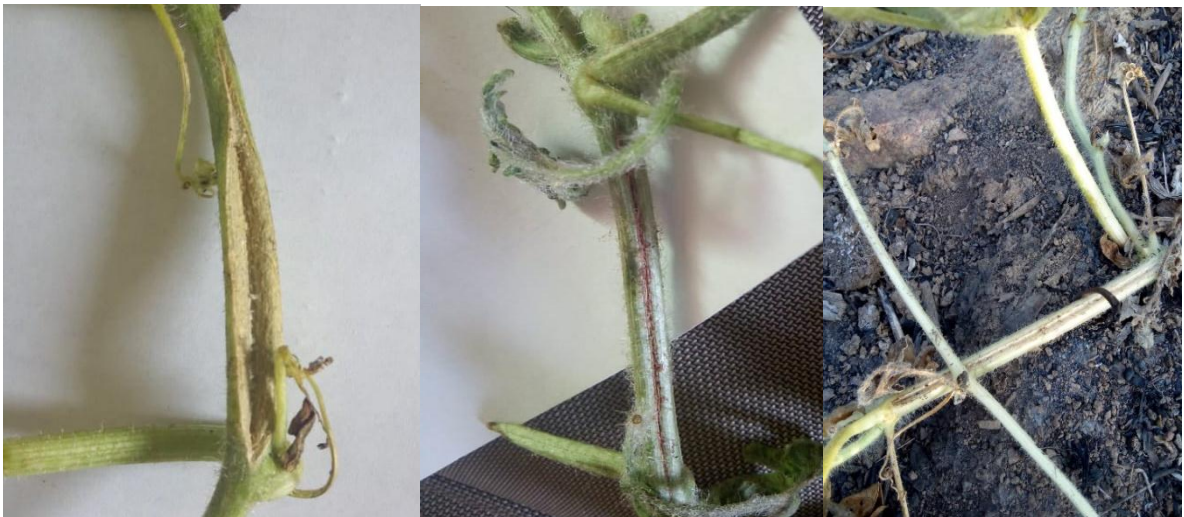


Figura 1. Muestras obtenidas de la rajazón en tallos de sandía.

Preparación de los medios

Se utilizó medio de cultivo Papa Dextrosa Agar (PDA) (BD Bioxon); del cual se pesaron 39 g, también se utilizó medio de cultivo Agar Nutritivo (AN), pesando 28 g y 15 g de medio Agar Agua (AA) utilizando Agar bacteriológico (AB) (BD Bioxon). Cada medio de cultivo se colocó en un matraz de 1 L y a cada uno se añadió 1 L de agua destilada (previamente esterilizada), posteriormente, se cubrió la boca del matraz con una torunda y se agitaron de manera constante por 3 min. A continuación, fueron esterilizados en una olla de presión a 121° C durante 15 min. Posterior a ese lapso, los matraces se dejaron enfriar por 45 min. Finalmente, bajo la campana del flujo laminar, se vaciaron los medios en cajas de Petri (esterilizados) y se dejaron reposar por 24 h para su posterior utilización en el aislamiento, purificación, incremento e identificación de los hongos obtenidos.

Aislamiento del agente causal de la rajazón del tallo de sandía

Para el procesamiento de los tallos colectados, estos fueron seccionados en trozos pequeños y desinfectados en una solución de hipoclorito de sodio al 1% por 3 min y se lavaron tres veces con agua destilada estéril, se dejaron secar a temperatura ambiente sobre un papel de estraza estéril. Los trozos de tallo se transfirieron asépticamente en cajas de Petri con medio de cultivo PDA y colocadas en una cámara de microorganismos (Yamato®) a 26°C por 7 días, posterior a ese lapso, se purificaron mediante el método de punta de hifa, tomando la punta de una hifa del crecimiento del hongo y se colocó en nuevas cajas de Petri con PDA, mantenidas por 12 días a 26°C. Los diferentes hongos aislados se montaron en portaobjetos con azul de algodón y cubreobjetos, para posteriormente ser observados en microscopio compuesto (Olympus cx21led) con el objetivo de 40 y 100X e identificados a nivel de género.

Se utilizó medio Clavel agar (CLA) para la caracterización morfológica de hongos a nivel de especie (*Fusarium*), para lo que se cortaron hojas de clavel de 1 a 1.5

cm y se lavaron con agua destilada, estos cortes se secaron a temperatura ambiente sobre papel de estraza estéril y se pasaron a la campana de flujo laminar, donde se expusieron por cuatro horas del lado del haz y cuatro horas por el lado del envés bajo la luz ultravioleta. Este proceso se realizó para esterilizar los cortes y evitar que se desarrollen otros microorganismos, transcurridas las 8 horas, se utilizaron cinco cortes de hojas de clavel y se colocaron en el medio CLA. A partir de los cultivos de *Fusarium* ya identificados a nivel género se hizo la siembra por el método punta de hifa tomando fragmentos de la hifa de cada cepa se transfirieron cerca de cada trozo de hoja de clavel, y se mantuvieron a 26°C por 25 días para su desarrollo. Después del crecimiento de los hongos en medio CLA, se hicieron montajes en portaobjetos con azul de algodón y cubreobjetos, y se observaron en un microscopio a 40 y 100x e identificados a nivel de especie.

Identificación morfológica y morfométrica del agente causal a nivel de género y especie

La identificación a genero se basó en la estructura y características morfológicas como forma de macroconidios y microconidios, formación de clamidosporas y las estructuras de los conidióforos, así como características macroscópicas de la colonia, su observación se realizó a 40 y 100X en un microscopio compuesto y para su identificación se apoyó en las claves taxonómicas para géneros de hongos imperfectos de Barnett y Hunter (1998)

Los géneros de hongos obtenidos en el medio CLA fueron identificados morfológica y morfométricamente a nivel especie, con el tamaño y forma de macroconidios; tamaño, presencia o ausencia de microconidios, formación de clamidosporas y las estructuras de los conidióforos. Para la identificación morfológica se utilizaron las claves del manual de laboratorio de *Fusarium* de Leslie y Summerell (2006). Para la morfometría se realizaron 100 mediciones en cada una de las estructuras antes mencionadas usando el software DinoCapture 2.0 (Dino-lite, 2020). También se documentó el crecimiento en PDA, color, textura de colonias y el tipo de micelio de las mismas especies.

RESULTADOS

Aislamiento de cepas

De las muestras de tallos de sandía con síntomas de rajazón, procedentes de lotes de sandía comerciales colectados en el municipio de Tecoaapa Guerrero, se obtuvieron cinco aislamientos de *Fusarium* spp., en los cuales se observó gran variación en la coloración del crecimiento micelial sobre el medio PDA, desde el color purpura violácea (Fig. 2a), blanco ligeramente morado (Fig.2b) amarillento ligeramente morado (Fig. 2c), beige (Fig.1d) y blanquecino (Fig. 2e). La textura y el tipo de micelio, en los cinco aislamientos presentaron una textura algodonosa con micelio aéreo.

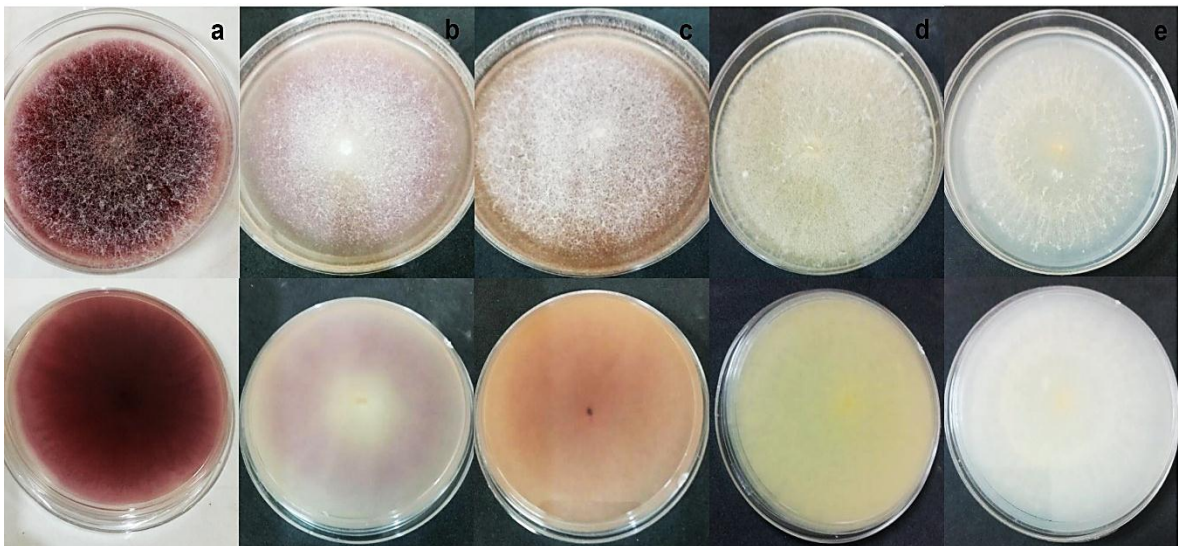


Figura 2. Crecimiento y coloración micelial de *Fusarium* spp. en medio de cultivo PDA.

Caracterización morfológica

En los montajes realizados se observaron hifas hialinas (Fig. 3a), fiálides cortas (Fig. 3b), monofialides (Fig. 3c), microconidios ovoides (Fig. 3d) y macroconidios en forma de canoa o media luna (Fig. 3e) característicos de *Fusarium* spp., de acuerdo con Barnett y Hunter (1998).

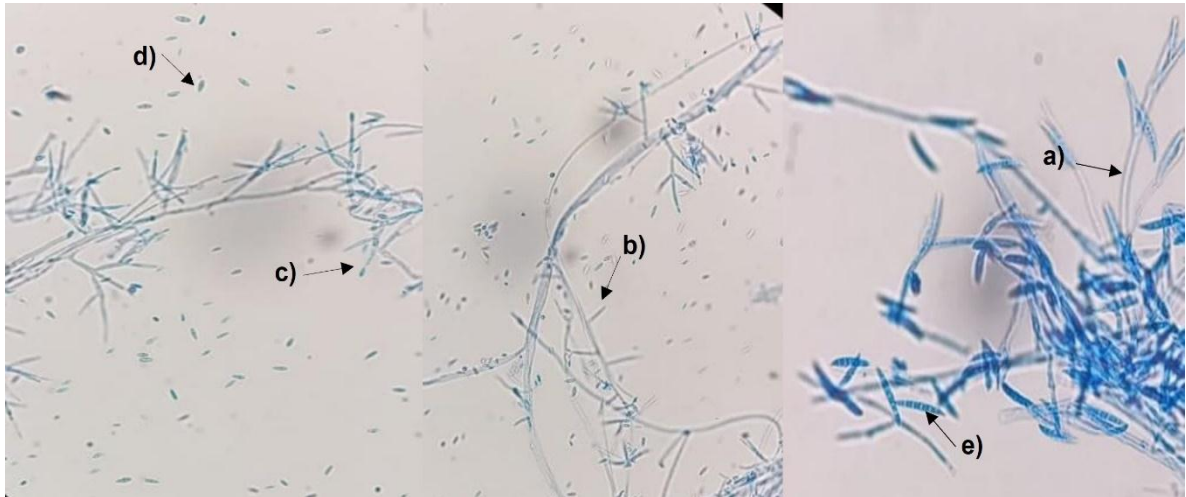


Figura 3. Estructuras morfológicas de *Fusarium* spp observadas al microscopio a 40x.

De las cinco cepas de *Fusarium* identificadas a nivel género, tres de ellas presentan microconidios poco abundantes ovalados, elípticos, formando cadenas largas y cortas, hialinas, unicelulares, midiendo entre 6-8 μm de largo 2-4 μm de ancho, monofialides que ocasionalmente se producen en pares, cómo se muestra en la figura 4 de las cepas A, B y C.

No hubo formación de clamidosporas, se observaron hinchamientos de hifas que ocasionalmente se pueden confundir con pseudoclamidosporas, como se puede observar en la figura 4, cepa A, (d. Inicialmente, los aislamientos desarrollaron crecimiento micelial aéreo en medio de cultivo PDA de color blanco, posteriormente amarillenta y finalmente morado característico de *Fusarium verticillioides*.

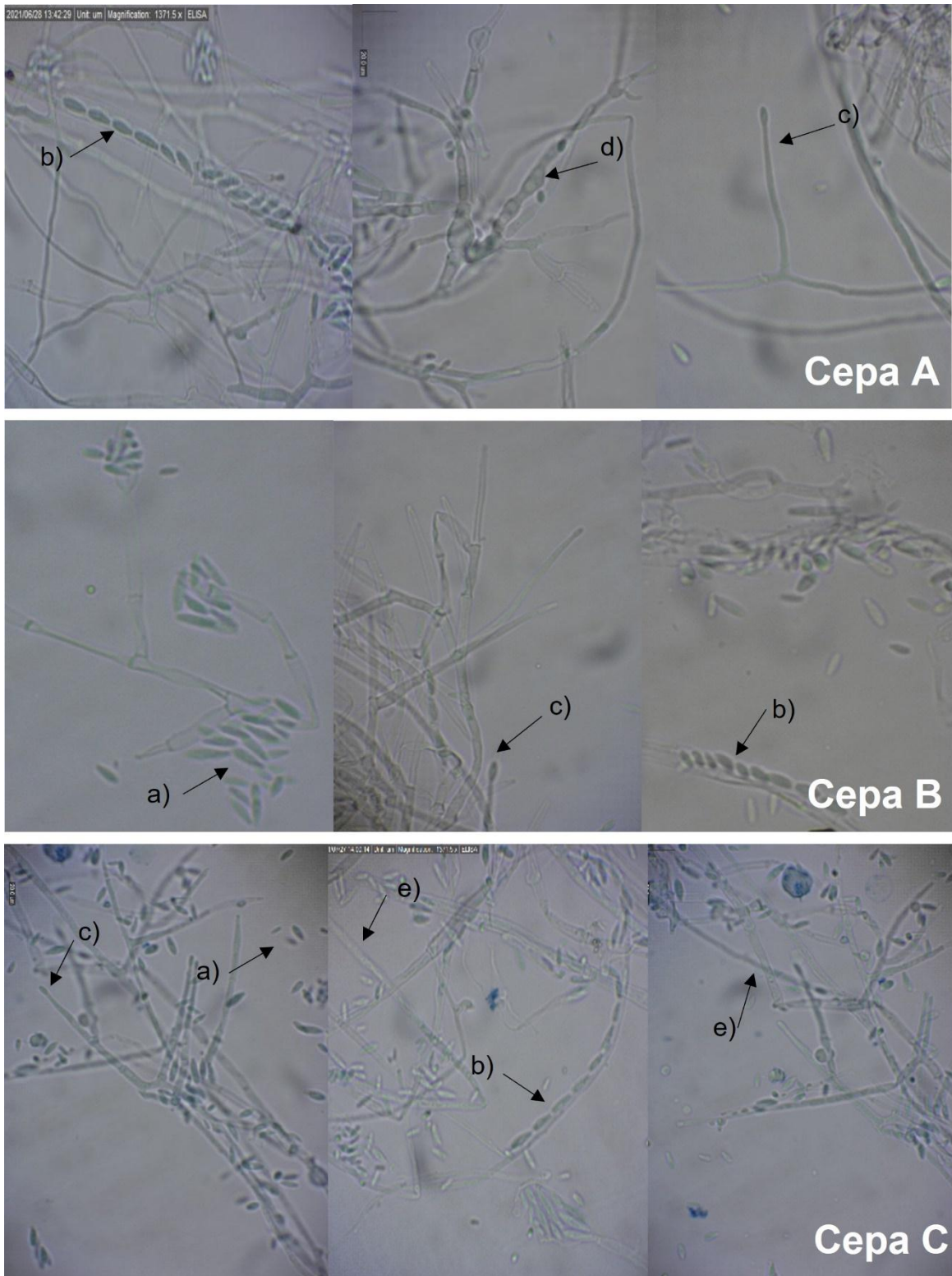


Figura 4. Estructuras observadas de *Fusarium verticillioides* identificados en el tallo de sandía. a) Microconidios, b) microconidios formando cadenas largas y cortas, c) monofialides, d) hinchamiento de hifas, e) hifas.

Las siguientes dos cepas (D y E) observadas al microscopio fueron identificadas como *Fusarium graminearum*, el cual produce fiálides simples que pueden o no estar sobre conidióforos ramificados (Fig. 5 cepa E, letra c). Macroconidios en forma de canoa o media luna de $4 \times 4.5 \mu\text{m}$ de ancho y $31 \times 34 \mu\text{m}$ de largo (Fig. 4, cepa D y E, letra a). Macroconidios formados en esporodocios (Fig. 5 cepa D y E, letra b), se caracterizan por presentar una célula basal con forma de pie de 5-6 septos. Microconidios ausentes, no hubo formación de clamidosporas.

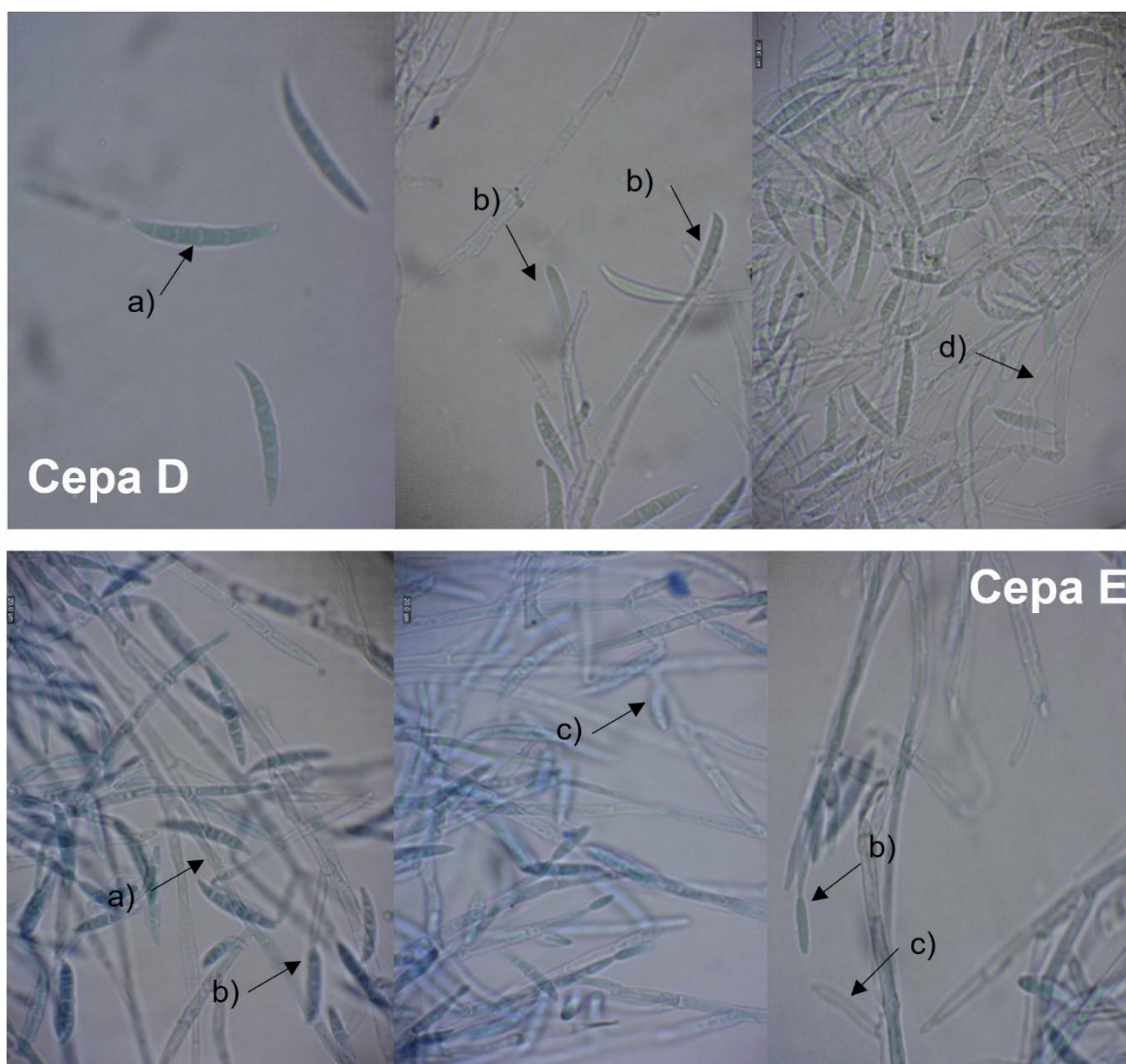


Figura 5. Estructuras de *Fusarium graminearum* identificado en el tallo de sandía. a) macroconidias, b) macroconidias formadas en esporodocios, c) fiálides, d) hifa.

Morfometria

En el cuadro 5, podemos observar los diferentes parametros medidos en 100 montajes de cada cepa, donde podemos apreciar los promedios del largo y ancho de las especies, *Fusarium verticillioides* solo presentó microconidias y ausencia de clamidiosporas, en el caso de *Fusarium graminearum* tampoco hubo formación de clamidiosporas, solo la presencia de macroconidias .

Cuadro 5. Promedio de las mediciones morfometricas de las especies de *Fusarium*.

Cepa	Fitopatógeno	Microconidios μm				Hifa	
		Largo	$\pm\text{SD}$	Ancho	$\pm\text{SD}$	Ancho	$\pm\text{SD}$
Cepa A	<i>F. verticillioides</i>	7.03119	1.2777	3.3626	0.7809	4.1587	0.9926
Cepa B	<i>F. verticillioides</i>	6.50850	1.2348	3.1442	0.7375	3.9958	0.6820
Cepa C	<i>F. verticillioides</i>	7.56153	1.3061	3.2678	0.6231	3.7876	0.9819
		Macroconidias μm					
Cepa D	<i>F. graminearum</i>	33.66589	5.7415	4.7763	0.8350	4.2768	0.7364
Cepa E	<i>F. graminearum</i>	31.29429	4.5304	3.66775	0.9313	4.24963	0.8252

$\pm\text{SD}$ =desviacion estandar.

DISCUSIÓN

Los hongos del género *Fusarium* son de importancia económica ya que causan un sinnúmero de enfermedades en cultivos, sus daños ocasionan en el hospedante una serie de afecciones generalmente de carácter irreversible, originando pérdidas económicas considerables (García *et al.*, 2007). *Fusarium* spp. representa una de las principales comunidades de hongos fitopatógenos que afectan a los cultivos a nivel mundial. Este hongo puede ocasionar enfermedades en raíz, vástago, hojas y fruto. Además, produce y acumula micotoxinas directamente sobre los granos, lo cual afecta la calidad del producto (Turkington *et al.* 2016). El control de las enfermedades fúngicas ha dependido, en gran medida, de los tratamientos con agroquímicos, sin embargo, su uso representa un severo riesgo para la salud humana y contribuye al aumento de la contaminación al medio ambiente, Incluye patógenos de plantas de importancia agrícola que en conjunto ocasionan enfermedades caracterizadas por marchitez, tizones, pudriciones en cultivos ornamentales, forestales en ecosistemas agrícolas y naturales (Ma *et al.*, 2013). Como otros fitopatógenos, este hongo emplea diversas estrategias de infección, así también, la especificidad del hospedero depende de cada especie de *Fusarium*. El hongo puede sobrevivir en el suelo como micelio o como esporas en ausencia de sus anfitriones, y si se encuentra cerca una planta hospedera, la infección puede iniciar en las raíces, en partes de la planta por encima del suelo, a través del aire o el agua (Ma *et al.*, 2013).

Entre varios factores que pueden influir en la calidad de la semilla se encuentra la asociación con microorganismos. Las especies de *Fusarium* son los agentes causantes de enfermedades en los cultivos, por ejemplo: Fusariosis vascular del pepino (*Cucumis sativus* L.) (Cucurbitaceae) que ataca a la planta en cualquier etapa de desarrollo, lo que provoca el derribo e infección de las plantas viejas, lo que provoca el marchitamiento de los brotes y de toda la planta, además de la raíz y decoloración vascular del tallo (ZITTER *et al.*, 2006).

Fusarium solani f. sp. *Cucurbitae* raza 1 se detectó por primera vez en España en 1995 sobre calabaza (*Cucurbita* spp.) cultivada al aire libre en las provincias de Valencia y Castellón, la enfermedad es grave no sólo en calabaza y en ciertos cultivares de pepino, la mayoría de las cucurbitáceas son susceptibles, incluyendo melón y sandía; se manifiesta por una marchitez de algunas hojas que en pocos días se extiende a la planta entera y muere, sin embargo, si se aparta el suelo que rodea a la base del tallo se observa una clara necrosis del cuello de la raíz y de la raíz principal. El tallo no suele ser afectado, excepto los 2-4 cm inmediatamente por encima de la superficie del suelo. Los frutos en contacto con el suelo pueden presentar manchas circulares blandas (García-Jiménez *et al.*, 1997). Por ejemplo, en una investigación *F. solani* se mostró altamente patógeno sobre plantas de determinados híbridos que se usan como patrón en sandía (Armengol *et al.*, 2000).

En la presente investigación se identificó al agente causal de la rajazón de la sandía; se encontraron dos especies de hongos causando rajazón (partidura) en los tallos, las cuales presentaron colonias de diferente coloración desde púrpura violácea, blanco ligeramente morado y amarillenta ligeramente morado (Fig. 1a, 1b y 1c). En estas tres colonias se observaron microconidios ovalados elípticos, microconidios formando cadenas largas y cortas, así también como monofialides, como se puede apreciar en la figura 4 cepas A, B y C característicos de *F. verticillioides*. Las características mencionadas y descritas anteriormente concuerdan con el largo y ancho de los microconidios previamente reportadas para esta especie por Nelson *et al.* (1983, 1990, 1992), Leslie y Summerell (2006) y Morales-Rodríguez *et al.* (2006).

En las cepas ya mencionadas no hubo desarrollo de clamidosporas, si no hinchamiento de las hifas, lo cual se puede confundirse con pseudoclamidosporas como se muestra en la figura 3, cepa A y d, concordando con la descripción de Nelson (1990).

La especie *F. verticillioides*, ha sido aislada principalmente en cereales como el maíz, trigo, sorgo y avena (Marasas *et al.*, 1979). También se presenta con menor

frecuencia en otros cultivos como el frijol, cacahuate, plátano, pepino, soya, caña de azúcar, remolacha y productos no alimenticios como algodón y lino (Flood *et al.*, 1990; Leslie *et al.*, 1992).

La siguiente especie presentó coloración beige y blanquecina, correspondiendo las colonias en medio de cultivo PDA a *F. graminearum* (Fig. 1, cepas D y E), son similares a lo mencionado por Leslie y Summerell (2006). Las características morfológicas fueron macroconidios hialinos en forma de medialuna o canoa, macroconidios formadas en esporodoquios (Fig. 5, cepas D y E) (Ireta y Gilchrist 1994). Las Clamidosporas a menudo son de formación muy lenta, y la falta de producción de estas no es un diagnóstico para la identificación (Nelson *et al.* 1983; Leslie y Summerell, 2006). Este hongo es encontrado principalmente en trigo, maíz, y cebada, es más conocido como un fitopatógeno que provoca diversas enfermedades en los granos de cereales, pudiendo presentarse en otros hospederos como, alfalfa y algunas gramíneas silvestres, como *Brachiaria plantagia* (L.K.) Hitch; *Pennisetum purpureum* Chumach, *Pennisetum clandestinum* Chov; *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop; *Paspalum* spp. *Andropogon bicornis* (L.) y *Eryathus* sp, como hospederos secundarios o sustratos saprofíticos (Marasas *et al.*, 1984).

En el caso de *F. verticillioides* solo presentó microconidios, la cepa A presentó de largo un promedio de 7.03119 μm y de ancho 3.36267 μm , para la cepa B fueron 6.50850 μm de largo y 3.14420 μm de ancho y para la cepa C el promedio de las mediciones fueron 7.56153 μm de largo y 3.26786 μm de ancho, hubo poca variación en lo largo de los macroconidios entre la cepa A y B, el cual fue de 0.5 μm , entre la cepa B y C fue de 1 μm de largo la diferencia. En comparación a lo ancho la diferencia fue de 0.2 μm entre la cepa A y B; no hubo gran variación (cuadro 5). Los promedios obtenidos, del largo y ancho de los microconidios de *F. verticillioides* están dentro del rango de 5-12 x 1-3 μm , tal como lo mencionan Morales-Rodríguez *et al.* (2006).

Ireta y Gilchrist (1994) menciona que el rango para *F. graminearum* es de 2.5- 5 μm de ancho x 35-62 μm de largo, entonces los promedios que obtuvimos se

aproximan a estos datos. De la cepa D, el largo fue de 33.66589 μm y de ancho 4.77638 μm , y la cepa E presento un promedio de largo de 31.29429 μm y de ancho 3.66775 μm , con una variación de 2.4 μm de largo y 1.1 μm de ancho, la diferencia entre estas dos cepas fue mínima.

En las regiones templadas y tropicales, las especies de *Fusarium* muestran diferencias en términos de número de especies, distribución, rango de hospedadores y virulencia (Leslie y Summerell, 2006).

F. verticillioides y *F. graminearum*, son dos especies que causan pudriciones, sin embargo, la especie *F. verticillioides* es la más reportada, por ejemplo; es la causante de daños en las zonas maiceras de México, especialmente cuando las plantas se acercan a la madurez y esta se encuentra asociada con periodos de sequía (Pérez, 1985). La información para *F. verticillioides* y *F. graminearum* como agentes causales de la rajazón en tallos de sandía es nula, por lo que se sugiere realizar más investigación sobre esta enfermedad y los patógenos encontrados en este trabajo.

CONCLUSIÓN

Se identificó a *F. verticillioides* y *F. graminearum* como agentes causales asociados a la rajazón en tallos de sandía provenientes de Tecoaapa, Guerrero, sin embargo, en cuanto a literatura no se encontró algún reporte acerca de esta enfermedad por éstos patógenos causando daño en el cultivo de sandía.

LITERATURA CITADA

- Acosta, R. F. Galvan, L. R. Lujan, F. M. Quiñones, P.F. J. Chavez, S. N. Pilar, A. J. 2003. Manejo del cultivo de sandía en la región centro-sur del estado de chihuahua. Folleto para productores N° 2 (INIFAP). Chihuahua. Pp.12-23,29.
- Almodóvar W. 2008. Clínica al Día: Enfermedades de las Cucurbitáceas, en línea. Consultado el 13 de mayo del 2021. Disponible en <http://academic.uprm.edu/walmodovar/wia3.htm>.
- Alvarado, P; Escalona, V. Martin, A. Monardes, H. Urbina, C. (2009) Manual del Cultivo de Sandía (*Citrullus lanatus*) y melón (*Cucumis melo*). Chile. Nodo Hortícola. 51 p.
- Apablaza Hidalgo, G. E. (1999). Patología de cultivos, epidemiología y control holístico. Santiago, Chile: pontificia Universidad Católica de Chile.
- Armengol, J.; José, C. M.; Moya, M. J.; Sales, R.; García-Jiménez, J. 2000. *Fusarium solani* f. sp. *cucurbitae* raza 1, a potential pathogen of grafted watermelon production in Spain. Bulletin OEPP/EPPO 30, 179-183.
- ASERCA, 1999. La Sandía, una Tradición Exportadora. Revista Claridades Agropecuarias #75. México, DF.
- Barnett, H.L., y Hunter, B.B. 1998. Illustrated Genera of Imperfect Fungi. The American Psychopathological Society Press. St. Paul, Minnesota, USA. 218 p.
- Berzoza, M., Chávez N., 2009. Producción de sandía con riego por goteo y acolchado. Campo Experimental Delicias. INIFAP. Folleto para productores. Núm. 13. México.
- Cadena Hortofrutícola de Córdoba. 2008. Guía Técnica para el cultivo de la "Sandía" (en línea). Córdoba, CO. En línea:

<http://cadenahortofruticola.org/admin/bibli418sandia.pdf>. Consultado: 4 de febrero 2021.

- Canales, R.; Sánchez, J. A. 2003. Caracterización de los eslabones de la cadena e identificación de los problemas y demandas tecnológicas. Cadena Agroalimentaria de Sandía. INIFAP. Campeche.
- Casaca, A. 2005. El cultivo de la sandía. Guías tecnológicas de frutas y vegetales. 17. Costa rica.
- Castillo, A. T. 1998. Comportamiento de híbridos diploides de sandía (*Citrullus lanatus thunb*) en el noreste de Coahuila.
- Chew M., Y. I.; F. Jiménez D. 2002. El melon: Tecnologías de su producción y comercialización. INIFAP-CIRNOC-CELALA. Matamoros, Coahuila. pp. 161-185.
- CORPOICA (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria). 2000. El Cultivo de la Sandía o Patilla (*Citrullus lanatus*) en el departamento del Meta. Ed. Jaramillo, CA. Meta, CO. Ministerio de Agricultura. 24 p.
- Davis, A.; Fish, W.L. 2011. Citrulline levels in watermelon cultivars from three locations, Cucurbit Genetics Cooperative Report.33-34. E.U. A.
- Dino-lite. (2020). DinoCapture 2.0: software de imágenes de microscopio. En línea: <https://www.dinolite.us/en/dinocapture/>>. Consultado: 15 de agosto 2021.
- Egel, D. S. and Martyn R. D. 2007. *Fusarium* wilt of watermelon and other cucurbits. The Plant Health Instructor. DOI: 10.1094/PHI-I-0122-01.
- FAO WATER (Food and Agriculture Organization). 2013. Evapotranspiration del Cultivo. En línea : (<ftp://ftp.fao.org/agl/aglw/docs/idp56s.pdf>). Consultado: 7 de marzo 2021.
- FAO. (2019). Hortofrutícola, producción mundial de sandía (*Citrullus lanatus* schard.). Diario Digital de Actualidad. En línea:

<http://www.hortoinfo.es/index.php/noticias/4027-plan-transort-ue-110914>.

Consultado :7 de marzo 2021

Flood, J., Mepsted, R. and Copper R.M. 1990. Contamination of oil palm pollen and seeds by *Fusarium* spp. Mycol. Res., 94:708-709.

Frias-Ramírez J.E., Moreno- Tec A. A., Enríquez Sánchez M. y García Legaspi G., 2003, Uso de agua y rendimiento de sandía (*Citrullus lanatus*) bajo fertirriego y acolchado plástico, In: Memoria de la xv semana internacional de agronomía FAZ-UJED, 651 p.

Fu, C.A.A. y Ramírez, A. L. J. 1999. Manejo integrado de insectos plaga de cucurbitáceas en la costa de Hermosillo Pp. 5- 7.

García, A. V; Jiménez, F. D. y J. Armengol. 2002. Principales enfermedades fúngicas de la sandía, prevención y control. En línea: http://www.mapa.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_vrural/Vrural_2002_160_41_43. Consultado: 10 de marzo 2021

García, J. M. D.; Shagardsky, T.; Fresneda, J. A.; Fundora, Y. H., y González, J. 2007. Caracterización de especies del género *Fusarium* en el cultivo del garbanzo (*Cicer arietinum*) en las provincias ciudad Habana y La Habana. Temas de Ciencia y Tecnología 32, 63-66.

García-Jiménez J., Armengol J., Moya M.J. and Sales R. 1997. First report of *Fusarium solani* f. sp. *cucurbitae* Race 1 in Spain. Plant dis. 81:1216.

Giaconi, M. Vicente 1989. Cultivo de hortalizas, Editorial Universitaria, Santiago. Chile. 308 p

Gomes, V., J. 2005. Enfermedades causadas por hongos en el suelo para cultivos de cucurbitáceas. En línea: http://www.mapa.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_Vrural%5CVrural_205_30_36. Pdf consultado: 16 de marzo 2021

- Gonsalbez, C. 2012. Como combatir con la plaga, mosca blanca. En línea :<http://www.planetahuerto.es/revista/como-combato-la-mosca-blanca-00107>. consultado: 16 de marzo 2021
- Guerrero, C. J. Zamora E. 2008. Amarillamiento de las cucurbitáceas. En línea: Cosmeguerrero@hotmail.com. <http://www.hortalizas.com/biocontrol/storyid> consultado: 17 de marzo 2021.
- Hansen MA. 2000. Powdery Mildew of Cucurbits. En línea: <http://www.pubs.ext.vt.edu/450/450-710/450-710.html> .Consultado: 4 mayo 2021).
- InfoAgro.2009; Cultivo de Sandia; [en línea]; <http://www.infoagro.com>. Consultado: 17 de marzo 2021.
- INIFAP-CIRNO. 2003.Guia para la Asistencia Agropecuaria para el Área de influencia del Campo Experimental Valle de Culiacán. Agenda Técnica. Quinta edición. Culiacán, Sinaloa, México. En línea:http://www.fps.org.mx/imagenes/tecnological/valle_culiacan/riego/pdf/sandia.pdf Consultado: 21 de marzo 2021.
- Ireta M. J. and Gilchrist L. S.1994. Roña de la espiga de trigo. Informe especial de trigo No. 20. México, D.F.: CIMMYT.
- Ireta M. J. and L. Gilchrist S. 1994. Roña o Tizón de la espiga del trigo. Retrieved from. En línea <http://libcatalog.cimmyt.org/download/cim/53714.pdf> consultado: 21 de marzo 2021.
- Jiménez D., F. y Y. I. Chew M. 2002. Enfermedades del melón. En: El Melón: tecnologías de producción y comercialización. Libro técnico No. 4. SAGARPA-INIFAP. Matamoros, Coahuila, México. pp. 161-193.
- Juárez, B. (2008). Programa de mejoramiento genético de sandía en Seminis. Seminis vegetable seeds inc. Woodland, California, Estados Unidos.

- Keinath AP. 2008 Supervivencia de *Didymella bryoniae* en coronas de melón infestadas en Carolina del Sur. *Enfermedad de las plantas*. 92 (8): 1223-1228.
- Kole, C. 2011. *Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources: Vegetables*. South Carolina, US. Springer. 277 p.
- Kothera RT, Keinath AP, Dean RA, Farnham MW. 2003 Análisis AFLP de la colección mundial de *D. bryoniae*. *Investigación micológica*. 107: 297-304.
- Leslie, J. F., Summerell, B. A., Bullock, S. 2006. *The Fusarium Laboratory Manual*. Blackwell Publishing. 1a. Ed. USA. 388 p.
- Leslie, J.F., Plattner, R.O., Desjardins, A.E. and Klittich, C.R.J. 1992. Fumonisin B1 production by strains from different mating populations of *Gibberella fujikuroi* (*Fusarium* section Liseola). *Phytopathology*, 82:341-345.
- Ma, L. J.; Geiser, D. M.; Proctor, R. H.; Rooney, A. P.; O'Donnell, K., Trail, F. and Kazan, K. 2013. *Fusarium* Pathogenomics. *Annual review of microbiology*, 67, 399-416.
- Mahla, H. R.; Singh, J. P.; Roy, M. M. 2014 seed purpose watermelon in arid zone. Central Arid Zone Research Institute. ICAR. Jodhpur. India.
- Marasas W.F.O., Nelson PE and Tousson TA 1984. *Especies Toxigénicas de Fusarium: Identidad y Micotoxicología*. La prensa de la universidad del estado de Pennsylvania, parque de la universidad. 328p
- Marasas, W.F.O., Kriek, N.P.J., Higgins, V.M., Steyn, P.S., Towers, D.K. and Hastie, T.J. 1979. Incidence, geographic distribution and toxigenicity of *Fusarium* species in South African corn. *Phytopathology*, 69:1181-1185.
- Maroto, J. Miguel, A. Pomares, F. (2002) *El cultivo de la sandía*. Ed. Mundi - Prensa. España.

- Martin, E. A. 2013 Natural enemy interactions constrain pest control in complex agricultural landscapes. *Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 110 (14). E.U.A.
- Mendoza Guevara D. N. 2009. Incidencia del número de guaias principales sobre la producción orgánica de sandía (*Citrullus lanatus*). En línea: <http://www.dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/353/1/13T064%20MENDOZA520DANNY.pdf> consultado: 8 de abril 2021.
- Mendoza Z. C. 1999. Enfermedades fungosas de hortalizas. Universidad Autónoma de Chapingo. Departamento de parasitología agrícola. Chapingo, México. P. 36.
- Mendoza, F. 2005. respuestas de la sandía al acolchado plástico, fertilización, siembra directa y trasplante. *Revista Fitotecnia Mexicana*. Vol. 28, núm. 004. Chapingo. México.
- Mendoza, L., Cantos, J., y Giler, R. (2012). Comportamiento agronómico de ocho híbridos de sandía (*Citrullus lanatus schard.*) en el campus de la ESPAM-MFL.
- Morales, F. 2017. La mosca blanca. Centro internacional de agricultura tropical CIAT Apartado Aéreo 6713 Cali.
- Morales-Rodríguez, I., Yáñez-Morales, M; Silva Rojas, HV; García de los Santos, G; Guzmán de Peña, D. 2006. Biodiversity of *Fusarium* species in México associated with ear rot in maize, and their identification using a phylogenetic approach. *Mycopathologia* 163:31-39.
- Naeini, A.; Ziglari, T.; Shokri, H., and Khosravi, A. R. 2010. Assessment of growth-inhibiting effect of some plant essential oils on different *Fusarium* isolates. *Journal de Mycologie Médicale/Journal of Medical Mycology*, 20(3), 174-178.
- Nelson PE, Toussom TA Marasas Prees, 1993. *Fusarium species. An illustrated Manual for identificación*. University Park: Pennsylvania State University.

- Nelson, P. E. 1992. Taxonomy and biology of *Fusarium moniliforme*. Mycopathologia 117: 29-36.
- Nelson, P.E., Plattner, R.O., Schackel Ford, O.O. and Desjardins, A.E. 1991. Production of fumc: misins by *Fusarium moniliforme* strains from various substrates and geographic areas. Appl. Environ. Microbiol., 57: 2410-2412.
- Nelson, P.E., Toussoun, T.A., and Marasas, W.F.O. 1983. *Fusarium* species. An illustrated Manual for Identification. The Pennsylvania State University, USA. 128- 131.
- Nelson, PE; Burgess, LW; Summerell, BA. 1990. Some morphological and physiological characters of fusarium species in sections liseola and elegans and similar species. Mycologia 82(1):99-106.
- Panta, S. (2015) Nivel de Fertilización Potásica en la Producción y Calidad de Sandía (*Citrullus lanatus*) cv. "Black Fire". Lima, Perú.
- Parsons, D. (1992). Manuales para educación agropecuaria. Cucurbitáceas. Ed. Trillas. México.
- Peñaloza A., Patricia. 2001. Semillas de hortalizas. Manual de producción. Ediciones Universitarias de Valparaíso. Valparaíso. Chile. 161 p.
- Pérez, R.A. 1985. Efecto de varios Niveles de Filtrado Toxico de *Fusarium* spp. En el comportamiento in Vitro de varias líneas de maíz.
- Pérez-García A, Romero D, Fernández-Ortuño D, López-Ruiz F, de Vicente A, Torés JA. 2009 The powdery mildew fungus *Podosphaera fusca* (synonym *Podosphaera xanthii*), a constant threat to cucurbits. Molecular Plant Pathology. 10(2):153-160.
- Ramirez, B. 2014. Producción de melón y sandía en la Comarca Lagunera: un estudio de planeación para reducir la volatilidad de precios. Instituto de enseñanzas e investigación en Ciencias Agrícolas. Montecillo, Texcoco, Estado de México.

- Reche M., J. 1988. la sandía. 3ª ed. Servicio de extensión agraria. Mundial-presa. Madrid, España. 225p.
- Reche Mármol J. 2000. Cultivo intensivo de la sandía, 48 p. En línea: http://www.mapa.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_2000_2106.pdf consultado: 21 de marzo de 2021
- Reche Mármol J. 2015. cultivo intensivo de la sandía. Boletín Divulgador 2016 HD Ing. Tec Agri. Ecuador. MAGAP.Pag, 48.
- Reyes- Carrillo, J.L.; Cano-Ríos. 2000. Manual de polinización apícola. Coordinación General de Ganadería. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Programa nacional para el control de las abejas africana Tlahualilo, Durango. México.
- SARH. 1994. Agencia técnica agrícola. Coahuila zona norte. P-V.
- SEMARNAT. 1999-2000. Estadísticas agrícolas de los distritos de riego año agrícola. Segundo informe estadístico. CONAGUA. D.F. México, 2000.
- SIAP. 2021a Cierre de la producción agrícola. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. En línea : <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> consultado: 8 de agosto 2021
- SIAP. 2021b. Preció, producción y exportación de sandía mexicana. En línea: <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/crecio-produccion-y-exportacion-de-sandia-mexicana-en-2020?idiom=es> consultado: 8 de agosto 2021
- THE AMERICAN PHYTOPATHOLOGICAL SOCIETY. 2004. Plagas y enfermedades de las cucurbitáceas: enfermedades infecciosas. Madrid, Mundi Prensa. Pág. 9 – 39.
- Turkington, T.K., Petran, A., Yonow, T, and kriticos, D.J. 2016. *Fusarium graminearum*. Harvest Choise pest Geography, St. Paul, MN: In STePP- Harvest Choice

Ufoegbune, GC. 2014. Growth and development of watermelon in response to seasonal variation of rainfall. *Climatology & Weather Forecasting*. Nigeria.

ZITTER, TA y col. 1996. Compendio de enfermedades de las cucurbitáceas Saint Paul, Minnesota: Sociedad Americana de Fitopatología - APS, 87p