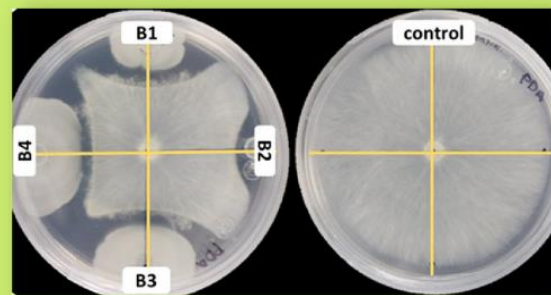


# Investigaciones Biológicas, Agrícolas y Ambientales de México



**Leandris Argente Martínez**  
**Ofelda Peñuelas Rubio**  
Organizadores



**Leandris Argente! Martínez**  
**Ofelda Peñuelas Rubio**  
Organizadores

# **Investigaciones Biológicas, Agrícolas y Ambientales de México**



Pantanal Editora

2022

Copyright© Pantanal Editora

**Editor Chefe:** Prof. Dr. Alan Mario Zuffo

**Editores Executivos:** Prof. Dr. Jorge González Aguilera e Prof. Dr. Bruno Rodrigues de Oliveira

**Diagramação:** A editora. **Diagramação e Arte:** A editora. **Imagens de capa e contracapa:** Canva.com. **Revisão:** O(s) autor(es), organizador(es) e a editora.

### Conselho Editorial

#### Grau acadêmico e Nome

Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos  
Prof. MSc. Adriana Flávia Neu  
Prof. Dra. Albys Ferrer Dubois  
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior  
Prof. MSc. Aris Verdecia Peña  
Prof. Arisleidis Chapman Verdecia  
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva  
Prof. Dr. Bruno Gomes de Araújo  
Prof. Dr. Caio Cesar Enside de Abreu  
Prof. Dr. Carlos Nick  
Prof. Dr. Claudio Silveira Maia  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos  
Prof. Dr. Cristiano Pereira da Silva  
Prof. Ma. Dayse Rodrigues dos Santos  
Prof. MSc. David Chacon Alvarez  
Prof. Dr. Denis Silva Nogueira  
Prof. Dra. Denise Silva Nogueira  
Prof. Dra. Dennyura Oliveira Galvão  
Prof. Dr. Elias Rocha Gonçalves  
Prof. Me. Ernane Rosa Martins  
Prof. Dr. Fábio Steiner  
Prof. Dr. Fabiano dos Santos Souza  
Prof. Dr. Gabriel Andres Tafur Gomez  
Prof. Dr. Hebert Hernán Soto Gonzáles  
Prof. Dr. Hudson do Vale de Oliveira  
Prof. MSc. Javier Revilla Armesto  
Prof. MSc. João Camilo Sevilla  
Prof. Dr. José Luis Soto Gonzales  
Prof. Dr. Julio Cezar Uzinski  
Prof. MSc. Lucas R. Oliveira  
Prof. Dra. Keyla Christina Almeida Portela  
Prof. Dr. Leandris ArgenteL-Martínez  
Prof. MSc. Lidiene Jaqueline de Souza Costa Marchesan  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann  
Prof. MSc. Marcos Pisarski Júnior  
Prof. Dr. Marcos Pereira dos Santos  
Prof. Dr. Mario Rodrigo Esparza Mantilla  
Prof. MSc. Mary Jose Almeida Pereira  
Prof. MSc. Núbia Flávia Oliveira Mendes  
Prof. MSc. Nila Luciana Vilhena Madureira  
Prof. Dra. Patrícia Maurer  
Prof. Dra. Queila Pahim da Silva  
Prof. Dr. Rafael Chapman Auty  
Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke  
Prof. Dr. Raphael Reis da Silva  
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes  
Prof. Dr. Ricardo Alves de Araújo (*In Memoriam*)  
Prof. Dra. Sylvana Karla da Silva de Lemos Santos  
MSc. Tayronne de Almeida Rodrigues  
Prof. Dr. Wéverson Lima Fonseca  
Prof. MSc. Wesclen Vilar Nogueira  
Prof. Dra. Yilan Fung Boix  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme

#### Instituição

OAB/PB  
Mun. Faxinal Soturno e Tupanciretã  
UO (Cuba)  
IF SUDESTE MG  
Facultad de Medicina (Cuba)  
ISCM (Cuba)  
UFESSPA  
UEA  
UNEMAT  
UFV  
AJES  
UFGD  
UEMS  
IFPA  
UNICENTRO  
IFMT  
UFMG  
URCA  
ISEPAM-FAETEC  
IFG  
UEMS  
UFF  
(Colômbia)  
UNAM (Peru)  
IFRR  
UCG (México)  
Mun. Rio de Janeiro  
UNMSM (Peru)  
UFMT  
Mun. de Chap. do Sul  
IFPR  
Tec-NM / ITVY (México)  
Consultório em Santa Maria  
UFJF  
UEG  
FAQ  
UNAM (Peru)  
SEDUC/PA  
IFB  
IFPA  
UNIPAMPA  
IFB  
UO (Cuba)  
UFMS  
UFPI  
UFG  
UEMA  
IFB  
UFPI  
FURG  
UO (Cuba)  
UFT

Conselho Técnico Científico  
- Esp. Joacir Mário Zuffo Júnior  
- Esp. Maurício Amormino Júnior  
- Lda. Rosalina Eufrausino Lustosa Zuffo

Ficha Catalográfica

**Datos Internacionales de Catalogación en la Publicación  
(eDOC BRASIL)**

I62      Investigaciones biológicas, agrícolas y ambientales de México / Organizadores  
Leandris Argentele Martínez, Ofelda Peñuelas Rubio. – Nova Xavantina,  
MT: Pantanal, 2022.  
131 p. : il.

Formato: PDF  
Requisitos del sistema: Adobe Acrobat Reader  
Modo de acceso: World Wide Web  
ISBN 978-65-81460-59-4  
DOI <https://doi.org/10.46420/9786581460594>

1. Agricultura – México. 2. Sostenibilidad. 3. Medio ambiente.      I.  
Argentele Martínez, Leandris. II. Peñuelas Rubio, Ofelda.

CDD 630

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**



Nossos e-books são de acesso público e gratuito e seu download e compartilhamento são permitidos, mas solicitamos que sejam dados os devidos créditos à Pantanal Editora e também aos organizadores e autores. Entretanto, não é permitida a utilização dos e-books para fins comerciais, exceto com autorização expressa dos autores com a concordância da Pantanal Editora.

**Pantanal Editora**

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000.  
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil.  
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp).  
<https://www.editorapantanal.com.br>  
[contato@editorapantanal.com.br](mailto:contato@editorapantanal.com.br)

## **Prólogo**

Investigaciones Biológicas, Agrícolas y Ambientales de México es un libro electrónico científico, basado en estudios experimentales desarrollados por un colectivo de prestigiosos investigadores de México y de otros países que, en colaboración, aportan respuestas a problemáticas existentes en dichas ramas del saber. Estos trabajos aparecen divididos en capítulos donde se ofrece información actualizada sobre los avances más recientes en dichas áreas, con un estilo de artículo científico y con referencias bibliográficas de gran nivel de actualización científica.

El proceso de revisión de los capítulos fue desarrollado, bajo la modalidad a doble ciegas, por varios investigadores que participan en el comité editorial de PANTANAL EDITORA. Se agradece a los autores de los respectivos capítulos por la dedicación al atender las sugerencias y comentarios realizados por los revisores, optimizando el tiempo de los procesos de revisión y aceptación.

**Los autores**


<b>Sumario</b>	
<b>Prólogo</b>	<b>4</b>
<b>Ciencias Biológicas</b>	<b>6</b>
<b>Capítulo 1</b>	<b>7</b>
Estructura del manglar y parámetros físico-químicos del sedimento en tres lagunas costeras del Golfo de California	7
<b>Capítulo 2</b>	<b>22</b>
Aislamiento y caracterización morfológica de <i>Fusarium oxysporum</i> asociado al tomate en el Valle del Yaqui, Sonora	22
<b>Capítulo 3</b>	<b>33</b>
Enhancing the yield of spores of <i>Bacillus cereus sensu lato</i> strain B25 by evaluating culture media	33
<b>Capítulo 4</b>	<b>45</b>
Cultivo de camarón blanco del Pacífico ( <i>Penaeus vannamei</i> ) a baja salinidad en agua de mar artificial	45
<b>Ciencias Agrícolas</b>	<b>55</b>
<b>Capítulo 5</b>	<b>56</b>
Caracterización morfológica y perfil patogénico de aislados fúngicos provenientes de la rizósfera de sandía ( <i>Citrullus lanatus</i> Thunb.) en el sur de Sonora	56
<b>Capítulo 6</b>	<b>65</b>
Crecimiento y producción de tomate en respuesta a dos sustratos y niveles de solución nutritiva	65
<b>Capítulo 7</b>	<b>76</b>
Isolation and characterization of endophytic bacteria from maize and giant reed with biotechnological and biocontrol potential against <i>Rhizoctonia zeae</i>	76
<b>Ciencias Ambientales</b>	<b>93</b>
<b>Capítulo 8</b>	<b>94</b>
Use of nitrogen fertilizers in the Yaqui Valley: a compilation of three decades of knowledge	94
<b>Capítulo 9</b>	<b>108</b>
Are there atmospheric conditions for water loss at night in wheat canopies in the Yaqui Valley, Sonora, Mexico?	108
<b>Capítulo 10</b>	<b>122</b>
Estimación del carbono en la biomasa aérea del mezquite ( <i>Prosopis</i> spp.) en la comunidad de Charay, El Fuerte, Sinaloa	122
<b>Índice</b>	<b>130</b>
<b>Sobre los organizadores</b>	<b>131</b>




# Aislamiento y caracterización morfológica de *Fusarium oxysporum* asociado al tomate en el Valle del Yaqui, Sonora

Recibida em: 10/09/2022

Aprobado em: 12/09/2022

 10.46420/9786581460594cap2

Leandris Argente-Martínez<sup>1\*</sup> 

Ofelda Peñuelas Rubio<sup>2</sup> 

Adriana Garnica Domínguez<sup>2</sup> 

Jorge González Aguilera<sup>3</sup> 

## RESUMEN

*Fusarium oxysporum* es un hongo fitopatógeno que se encuentra ampliamente en suelos y plantas afectando a una gran variedad de cultivos. Este hongo se manifiesta mediante marchitamiento, pudrición de raíces, tallos y frutos, provocando grandes pérdidas económicas para el sector agrario. Teniendo en cuenta la importancia de este hongo se realizó un estudio con el objetivo de aislar cepas patógenas del género *Fusarium* para su identificación a partir de muestras de tejido vegetal de plantas de tomate. Se realizó el aislamiento en plantas de tomate de las variedades comerciales heirloom: Super Choice y Brandy Pink, clasificadas como susceptibles a este patógeno, con sintomatologías típicas. Dicho aislamiento se realizó aplicando la técnica de cultivos monospóricos. Se obtuvieron y purificaron 11 cepas puras de un total de 20 aislamientos. A partir de estos aislados se desarrolló la caracterización morfológica de las colonias mediante claves taxonómicas para la elaboración de un banco de microorganismos para futuras investigaciones. Una vez obtenidas las cepas puras se criopreservaron para crear un banco de microorganismos con las especies y formas especiales del género para futuras investigaciones.

## INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es uno de los vegetales más cultivados y consumidos en todo el mundo. En México, el tomate cultivado está considerado como la segunda especie hortícola más importante, debido a la superficie sembrada, y como la hortaliza de mayor importancia por sus niveles de producción. A nivel nacional se siembran alrededor de 81,000 ha donde se obtienen cerca de 2 millones de toneladas, siendo los principales estados productores: Sinaloa, Baja California, San Luis Potosí, Sonora, Nayarit, Morelos y Michoacán (Hinojosa-Ochoa et al., 2018).

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México /Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui, Bámuc Sonora, México, CP: 85270(a) 1.

<sup>2</sup> Editora Pantanal, Nova Xavantina, MT, Brasil.

\* Autor(a) correspondiente: oleinismora@gmail.com

Entre las diferentes variedades de tomate que se producen en México, se encuentra los tipos saladette, bola, cherry, pera, uva, manzano y heirloom. Este último se cultiva particularmente en regiones donde las condiciones edafoclimáticas son óptimas para su desarrollo (Martínez-Gallardo et al., 2019).

El cultivo es altamente susceptible a muchas enfermedades fúngicas como las causadas por *Fusarium oxysporum* en las formas especiales *lycopersici* (FOL) y *radicis-lycopersici* (FORL) (Gayosso-Barragán et al., 2021). Las enfermedades que causan estos hongos son la marchitez vascular (MVT) y la pudrición de la corona del tallo (PCT) y tienen una importancia económica mundial ya que son altamente destructivas tanto para la producción en condiciones de campo abierto como para los tomates producidos bajo algún esquema de agricultura protegida. Su presencia se ha reportado en al menos 32 países (Wei y Wu, 2020). Los síntomas de la enfermedad incluyen el amarillamiento de las hojas, el bronceado de los tejidos vasculares, el marchitamiento de las plantas, el retraso en el crecimiento y la muerte eventual de toda la planta (Attia et al., 2022).

Los síntomas de la PCT son: pudrición radical y lesiones necróticas extensivas en el cuello y base del tallo, y marchitez hasta provocar la muerte de la planta (Arie, 2019). Estos síntomas son los que hacen que su identificación en campo sea difícil, por lo tanto, se requiere desarrollar investigaciones morfológicas su identificación rápida y tomar medidas fitosanitarias y evitar su proliferación. Estas características morfológicas coloniales de las cepas brindan un acercamiento a la certeza en la identificación de estos hongos fitopatógenos (Bektas y Kusek, 2019).

Considerando lo anterior, se desarrolló la presente investigación con el objetivo de aislar cepas patógenas del género *Fusarium* para su identificación a partir de muestras de tejido vegetal de plantas de tomate de las variedades de tomate Heirloom: Super Choice y Brandy Pink, con sintomatología típica.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### ***Colecta del material vegetal***

Las muestras de plantas de tomate se colectaron en casa sombra de la empresa de producción orgánica de tomate “Agrícola FEVAL S.A de C.V.”, con ubicación en Block 623, del municipio de San Ignacio Rio Muerto, Sonora, México.

Inicialmente, se tomaron plantas completas (incluida la rizósfera) que presentaban sintomatología típica de fusariosis (marchitamiento, pudrimiento de raíz, tallo, hojas y fruto, etc. (Figura 1). La colecta se realizó en cinco plantas, cada una con 500 g de solo de la rizósfera en las variedades Super Choice y Brandy Pink. Además, se tomaron tres ejemplares de la variedad Brandy Pink (Figura 1b). Las plantas que se colectaron se encontraban en la misma nave, y en etapa de fructificación. La mayoría de las muestras presentaban frutos en estado de putrefacción, raíces y tallos con necrosis color café, y hojas secas (Figura 1).



Posteriormente, las muestras se prepararon e identificaron y fueron trasladadas al Laboratorio de Investigación en Microbiología del Instituto Tecnológico de Sonora, Unidad Centro donde fueron conservadas hasta el momento de ser procesadas.



**Figura 1.** Plantas de tomate variedades Super Choice (a), Brandy Pink (b), y síntomas de marchitez y necrosis en tallo (c) y hojas (d), tomadas para el aislamiento y purificación del *Fusarium*. Fuente: Elaboración propia.

#### *Aislamiento de *F. oxysporum* a partir de tejido vegetal*

Para el aislamiento de *F* se utilizó la técnica propuesta por Domínguez (2012). Se realizaron cortes de tejido vegetal (con parte infectada y parte sana) de 0.5 cm de raíz, 50 cm a partir de la corona y ápice de la planta (Figura 2).



**Figura 2.** Planta de tomate indicando el tejido que se utilizó para la siembra y aislamiento de *F. oxysporum*: 1) raíz; 2) corona; 3) límite de necrosis vascular; 4) a partir de los 50 cm de la corona; y 5) ápice de la planta. Fuente: Domínguez, (2012).

Por separado, las muestras se desinfectaron con NaClO al 2% durante dos minutos. Posteriormente, se enjuagaron con agua destilada estéril dos veces durante un minuto y se secaron con papel absorbente estéril (actividad realizada en medio estéril). Luego, se tomaron tres trozos de aproximadamente 5 cm de cada muestra correspondiente y se sembraron en cajas de Petri (100 x 15 mm) con medio de cultivo de agar dextrosa de papa (PDA) (Ascencio-Álvarez et al., 2008). El medio PDA fue acidificando con ácido láctico al 25% (10 mL L<sup>-1</sup>) y las muestras se mantuvieron bajo condiciones de laboratorio (27±4°C). Se revisaron diariamente los cultivos para transferir las colonias de *F. oxysporum* a nuevas cajas de Petri con medio PDA y se registró el origen del tejido de la planta de donde se asignó.

Una vez obtenidas las colonias de *F. oxysporum* se realizó la purificación de éstas. Se prepararon cajas Petri con medio PDA preparado a razón de 39 g L<sup>-1</sup> de agua destilada y una vez estéril, el medio se acidificó con ácido láctico al 25% añadiéndole 1mL de ácido láctico por cada 100 mL de medio. En dichas cajas se resembró una muestra del crecimiento colonial para aislar las colonias, se incubaron por 7 días a 28°C. Para la purificación, los aislamientos se transfirieron a nuevas cajas Petri con medio fresco agar ADP.

### ***Cultivos monospóricos de F. oxysporum***

De los aislamientos seleccionados se realizaron cultivos monospóricos, siguiendo la siguiente metodología. Se utilizaron colonias de 10 días de edad y por cada aislamiento se preparó una suspensión de conidios adicionando 15 mL de Tween 20, al 0.8% a la caja de Petri y con una varilla de vidrio estéril se realizó un raspado de la colonia para liberar los conidios. Con ayuda de una pipeta estéril se tomó un volumen de 0.5 mL de la suspensión y se vertió en un tubo Eppendorf cubierto por gasa estéril para filtrar, la solución se agitó en agitador vortex de 10 a 15 segundos. Posteriormente se tomó una muestra de 10 µL de la suspensión y se colocó en una cámara de Neubauer para realizar el conteo y ajustar a 1.5 x 10 conidios mL<sup>-1</sup>. Finalmente, un volumen de 200 µL de esta suspensión se colocó en cajas de Petri con medio PDA, y se dispersó con una varilla de vidrio estéril y se mantuvo bajo condiciones de laboratorio (27± 4°C) por 10 días.

### ***Caracterización morfológica de las colonias aisladas de F. oxysporum***

Para la identificación morfológica de las colonias, los cultivos monospóricos seleccionados se sembraron en cajas de Petri en medio de PDA para el desarrollo de micro y macroconidios. Las cajas se incubaron a 27°C durante 21 días (Leslie y Sumerell 2006).

### ***Criopreservación de las cepas puras***

Una vez realizada la identificación morfológica de las colonias, las cepas puras se sometieron al método de conservación llamado criopreservación y se realizó en ambiente estéril para garantizar la ausencia de contaminantes. Para la criopreservación, a cada cepa obtenida en el medio PDA se le añadió un volumen de 850  $\mu\text{L}$  de agua destilada estéril (121°C, 20 min) y con ayuda de una varilla de vidrio se arrastró el micelio hasta homogenizar. Posteriormente, con una micropipeta, se recuperó la solución y se colocó en un tubo Fisher estéril, a dicha solución se le añadieron 150  $\mu\text{L}$  de glicerol al 25% estéril (121°C, 20 min). Cada tubo se agitó en agitador mecánico Vortex por 10 segundos. Por último, los tubos Fisher se rotularon con la clave correspondiente de la cepa y se colocaron en un rack y se les asignó un lugar en el congelador Ultra a -70°C.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### ***Aislamientos obtenidos de *F. oxysporum****

A partir de las muestras colectadas se obtuvieron aislados de las dos variedades Super Choice (Figura 1a) y Brandy Pink (Figura 1b). En total se obtuvieron 20 aislamientos de *F. oxysporum* que se encontraron principalmente en tejido vegetal de raíz, corona y tallo. Estos resultados se presentan en el Cuadro 1, que muestra el número de aislados según la parte de la planta utilizada.

Aunque las plantas de las dos variedades estudiadas presentaron los mismos síntomas de marchitez y de haber presentado una sola colonia de crecimiento al sembrar el tejido vegetal, al realizar la purificación de las colonias el hongo ya no se presentó. Este resultado demuestra que quizás el hongo no se haya distribuido en toda la planta y que la marchitez fue ocasionada por otras causas, como estrés (Bayona et al., 2011). En el presente estudio solo se obtuvieron aislados positivos para *F. oxysporum* en la variedad Super Choice.

**Cuadro 1.** Aislados de *F. oxysporum* en las variedades Super Choice y Brandy Pink en diferentes tejidos de la planta.

Colecta	Variedad	Ra <sup>1</sup>	Co	50 cm C	AP	Total
1	Super Choice I	2	2	1	-	5
2	Super Choice II	1	2	2	1	6
3	Super Choice III	2	1	2	2	7
4	Brandy Pink I	0	0	0	0	0
5	Brandy Pink II	0	1	0	0	2
						20

<sup>1</sup>Ra: Raíz; Co: corona; 50 cm C: a 50 cm de la corona; AP: Ápice de la planta. Fuente: Elaboración propia.

*F. oxysporum* se aisló principalmente de raíz, corona y de 50 cm a partir de la corona (Cuadro 1). Sin embargo, del ápice no se obtuvieron aislamientos purificados. Cabe mencionar que se obtuvieron colonias, pero al purificarlas no se obtuvo crecimiento micelial individual (Cuadro 2). Este resultado indica

que el patógeno presenta distribución limitada en la planta, en función de la forma especial (según el caso) que causa la enfermedad. Por ejemplo, para FORL se reporta una distribución en toda la planta (Paulus, 1993); mientras que para FORL se reporta que se localiza en los primeros 10 a 30 cm a partir de la corona (Horinouchi et al., 2007; Jones 1993).

### *Purificación de cepas aisladas mediante cultivos monospóricos*

Una vez obtenida la suspensión de conidios se realizó el conteo en cámara de Neubauer, y para obtener el resultado se sacó el promedio y este se multiplicó por 50,000 para conseguir el total de conidios por cada microlitro (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Resultado de conteo de conidios por microlitro en cámara de Neubauer. Fuente: Elaboración propia.

Colonias	Cuadrante superior					Cuadrante inferior					Promedio	Total (C $\mu\text{L}^{-1}$ )
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
SC-I-1		1	1			1	2	1			3	150 000
SC-I-2	2	5	6	4	2	4	5	2	9	2	22.5	1 125 000
SC-I-3	4	2	1	1	1	1	3	4	1	2	10	500 000
SC-II-1	1		1						1		1.5	75 000
SC-II-2		1	1	1					1		2	100 000
SC-II-3	1	1									1	50 000
SC-II-4	3	1							1		3	150 000
SC-III-1					1						0.5	25 000
SC-III-2				1					2		1.5	75 000
SC-III-3	2	2	3	6	2	9	2	3	9	1	19.5	195 000
SC-III-4											0	0
BP-II-2											0	0
BP-II-3											0	0

C  $\mu\text{L}^{-1}$ : Conidios por microlitro.

**Cuadro 3.** Catálogo de cepas puras describiendo los acrónimos. Fuente: Elaboración propia.

Colonias	Variedad	Cultivar	Tejido Vegetal	Numero de colonia
SC-I-2,1	Super Choice	1	Corona	1
SC-I-3,1	Super Choice	1	50 cm a partir de la corona	1
SC-II-1,1	Super Choice	2	Raíz	1
SC-II- 2,2	Super Choice	2	Corona	2
SC-II-3,1	Super Choice	2	50 cm a partir de la corona	1
SC-II-3,1	Super Choice	2	50 cm a partir de la corona	2
SC-III-1,1	Super Choice	3	Raíz	1
SC-III-1,2	Super Choice	3	Raíz	2
SC-III-2,1	Super Choice	3	Corona	1
SC-III-2,2	Super Choice	3	Corona	2
SC-III-3,2	Super Choice	3	50 cm a partir de la corona	2

De esta misma suspensión se obtuvieron 16 colonias aisladas y purificadas de *F. oxysporum*. Es importante mencionar que de ápice no se obtuvieron aislamientos puros y tampoco de obtuvieron cepas puras de la variedad Brandy Pink. Una vez obtenidos los cultivos puros, se realizó el catálogo de las cepas, como lo indica el Cuadro 3.

### Caracterización colonial de *F. oxysporum*

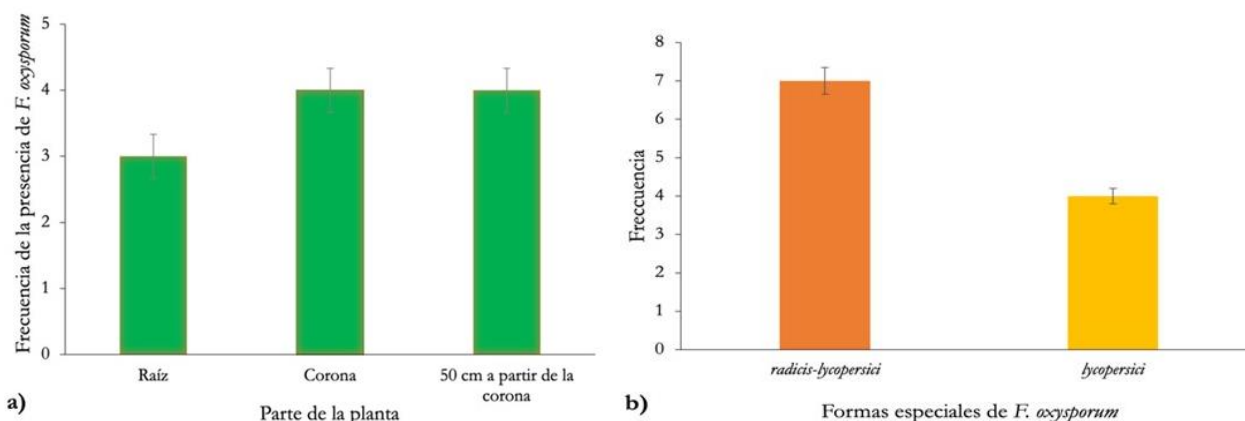
Una vez realizado el catálogo de cepas, se identificó presuntivamente la especie de *F. oxysporum* por lugar de ubicación en la planta, como lo muestra a continuación (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Identificación de especie presuntiva, según su ubicación. Fuente: Elaboración propia.

Clave	Colonias	Forma especial presuntiva
1	SC-I-2,1	FORL
2	SC-I-3,1	FOL
3	SC-II-1,1	FORL
4	SC-II- 2,2	FORL
5	SC-II-3,1	FOL
6	SC-II-3,1	FOL
7	SC-III-1,1	FORL
8	SC-III-1,2	FORL
9	SC-III-2,1	FORL
10	SC-III-2,2	FORL
11	SC-III-3,2	FORL

FOL: *F. oxysporum lycopersici*. FORL: *F. oxysporum radicis-lycopersici*.

A continuación, se muestran figuraas que representan la frecuencia de *F. oxysporum* según su ubicación (Figura 3a). En este análisis se encontró que las mayores frecuencias se observaron en la corona y a los 50 cm a partir de esta, sin diferencias entre sí.



**Figura 3.** Frecuencias de *F. oxysporum* (%) en diferentes partes de la planta (a) y en formas especiales (b). Barras perpendiculares sobre las columnas indican desviaciones estándar respecto a la media. Fuente: Elaboración propia.

Una vez realizado el catálogo de cepas purificadas, se identificaron presuntivamente las formas especiales de *Fusarium*, con cuatro cepas de *F. oxysporum* f.sp *lycopersici* y siete cepas de *F. oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici* (Figura 3b).

FORL se aisló con más frecuencia en la variedad Super Choice, de raíz se obtuvieron tres cepas y de corona se obtuvieron cuatro, diversos autores reportan que el patógeno presenta distribución limitada a no más de los primeros 50 cm a partir de la corona (Ascencio-Álvarez et al., 2008) y que otros factores como la temperatura pueden favorecer a la forma especial, siendo de 18° a 22°C óptima para su desarrollo (Jones, 1993). FOL se aisló con menos frecuencia en la misma variedad, aunque muchos autores han reportado que es la forma especial más frecuente cuando se presentan síntomas de marchitez en la planta, ambas formas especiales son patogénicas sobre la especie *Solanum lycopersicum* provocando así, mismos síntomas. (Katan et al., 1997, Attitalla et al., 2004).

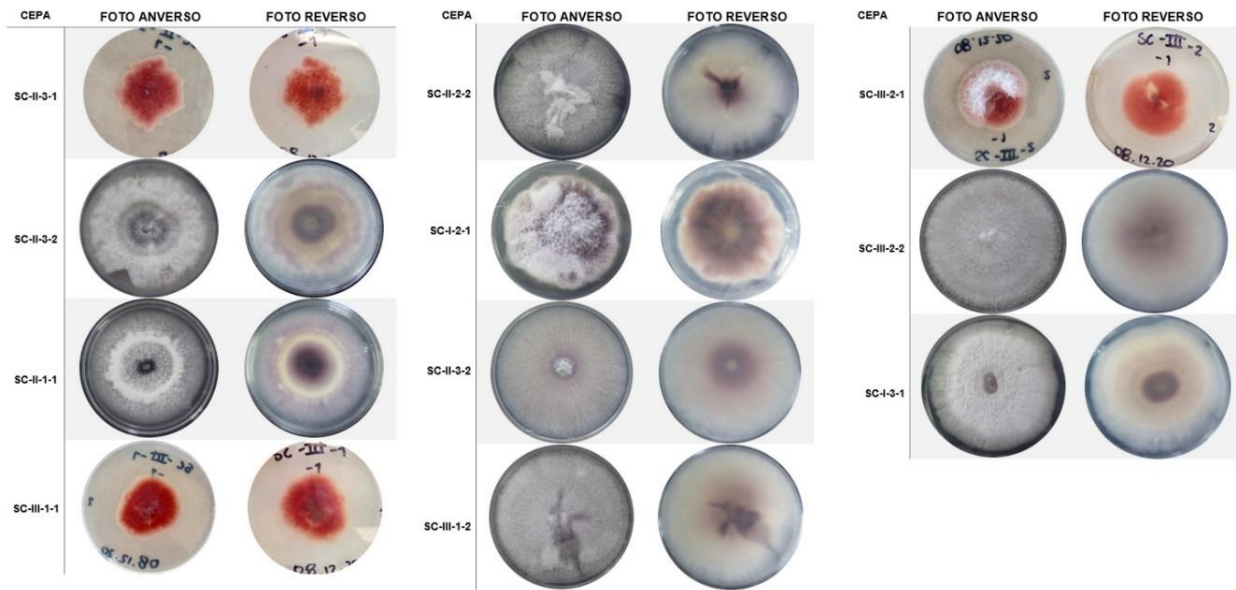
Las colonias de las cepas aisladas formadas en medio PDA se clasificaron macroscópicamente según el tipo de elevación, borde, forma y pigmento anverso como lo indica en Cuadro 5. En general, las cepas presentan las mismas características morfológicas; elevación plana, borde filamentosos, forma filamentosos y presentaron pigmento púrpura a partir del séptimo día de crecimiento.

**Cuadro 5.** Características morfológicas para la caracterización macroscópica colonial de las cepas aisladas. Fuente: Elaboración propia.

Clave	Colonias	Elevación	Borde	Forma	Pigmento anverso
1	SC-I-2,1	Plano	Filamentosa	Filamentosa	Púrpura
2	SC-I-3,1	Plano	Filamentosa	Filamentosa	Púrpura
3	SC-II-1,1	Plano	Filamentosa	Filamentosa	Púrpura
4	SC-II- 2,2	Plano	Filamentosa	Filamentosa	Púrpura
5	SC-II-3,1	Plano	Filamentosa	Filamentosa	Púrpura
6	SC-II-3,1	Plano	Filamentosa	Filamentosa	Púrpura
7	SC-III-1,1	Plano	Filamentosa	Filamentosa	Púrpura
8	SC-III-1,2	Plano	Filamentosa	Filamentosa	Púrpura
9	SC-III-2,1	Plano	Filamentosa	Filamentosa	Púrpura
10	SC-III-2,2	Plano	Filamentosa	Filamentosa	Púrpura
11	SC-III-3,2	Plano	Filamentosa	Filamentosa	Púrpura

Se obtuvieron 11 cepas puras por medio de cultivos monospóricos, las cuales se caracterización macroscópicamente por la forma de crecimiento del micelio algodonoso, borde y el pigmento blanquecino-rosado en los primeros estados de desarrollo, tornándose de un color púrpura en el centro y de un tono más claro en el borde (Kenneth et al., 2017) y en algunos casos adquiriendo pigmentación rosado-naranja como se indica en la Figura 4, donde se pueden identificar los colores y tipo de crecimiento en la parte anversa y reversa de las cajas Petri.





**Figura 4.** Características visibles de las cepas aisladas de *F. oxysporum* por el anverso y reverso de las cajas Petri. Fuente: Elaboración propia.

Los estudios realizados son el resultado de características morfológicas presentes en las plantas cuando hay presencia de Fusariosis que causa mermas significativas en el rendimiento, por tanto, cuando se observen los síntomas que se muestran en la Figura 5 se puede inferir con alto grado de confiabilidad la presencia de dicha enfermedad.



**Figura 5.** Plantas de tomate en etapa de fructificación presentando síntomas de marchitez y amarillamiento. Fuente: Elaboración propia.

Aunque en el presente trabajo no se realizaron estudios basados en técnicas moleculares para confirmar las especies presuntivas que indica el Cuadro 4, se considera importante para la identificación rápida y precisa de la enfermedad en condiciones de campo. Por tanto, el segundo paso, para estudios más detallados será necesario el uso de herramientas moleculares para confirmar cuestiones más específicas del patógeno en cuestión y así evitar una diferenciación inequívoca de la forma especial del patógeno.

## CONCLUSIONES

Se obtuvieron 11 aislamientos de *F. oxysporum*, principalmente de raíz, corona y tallo de plantas de tomate con sintomatología típica de fusariosis, mediante técnica de cultivos monospóricos.

Presuntivamente se obtuvieron cuatro cepas de *F. oxysporum* fsp. *lycopersici*, y siete cepas de *F. oxysporum* fsp. *radicis-lycopersici*, identificadas según su ubicación en el órgano de la planta. Estos resultados forman parte del primer Banco de microorganismos patógenos de cultivos orgánicos del Valle del Yaqui, Sonora, México para su futuro uso en estudios moleculares, y para el biocontrol con el uso de microorganismos antagonistas y/o extractos vegetales.

Se sugiere en trabajos posteriores se realice la identificación molecular de los aislamientos obtenidos para la diferenciación de las formas especiales de *F. oxysporum* y así corroborar los resultados presuntivos según su ubicación en el tejido vegetal, que se presentan.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arie T (2019). *Fusarium* diseases of cultivated plants, control, diagnosis, and molecular and genetic studies. *Journal of Pesticide Science*, 19-23.
- Ascencio-Álvarez A et al. (2008). Marchitez vascular del tomate: I. Presencia de razas de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Sacc.) Snyder y Hansen en Culiacán, Sinaloa, México. *Revista mexicana de fitopatología*, 26(2): 114-120.
- Attia MS et al. (2022). Plant growth-promoting fungi as biocontrol tool against *Fusarium* wilt disease of tomato plant. *Journal of Fungi*, 8(8): 775.
- Attitalla I et al. (2004). A rapid molecular method for differentiating two special forms (*lycopersici* and *radicis-lycopersici*) of *Fusarium oxysporum*. *Mycology Research* 108(7): 787-794.
- Bayona LG et al. (2011). *Revista Iberoamericana de Micología*, 28(4): 166-172.
- Bektas I; Kusek M (2019). Phylogenetic and morphological characterization of *Fusarium oxysporum* f. sp. cepae the causal agent of basal rot on onion isolated from Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28(3): 1733-1742.

- Dominguez AG (2012). Aislamiento, identificación y distribución de *Fusarium spp.* en jitomate cultivado en suelo bajo invernadero en Morelos, México Instituto Politécnico Nacional. Centro de Desarrollo de Productos Bióticos. (Tesis de Maestría en Ciencias). 107 p.
- Gayosso-Barragán O et al. (2021). Evaluación de la respuesta de diferentes genotipos de tomate a *Fusarium oxysporum* raza 3. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 12(3): 409-420.
- Hinojosa-Ochoa B et al. (2018). Atlas agroalimentario 2018. de SAGARPA–SIAP. Disponible en: [https://nube.siap.gob.mx/gobmx\\_publicaciones\\_siap/pag/2018/Atlas-Agroalimentario-2018](https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2018/Atlas-Agroalimentario-2018). Consultado el 15/09/2022.
- Horinouchi H et al. (2007). *Fusarium equiseti* GF191 as an effective biocontrol agent against *Fusarium* crown and root rot of tomato in rock wool systems. Crop Protection, 26(10): 1514-1523.
- Jones JP (1993). *Fusarium* crown and root rot. The American Phytopathological Society, St. Paul Minnesota, USA. 73p.
- Katan T et al. (1997). Sporulation of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* on stem surfaces of tomato plants and aerial dissemination of inoculum. Phytopathology, 87: 712-719.
- Kenneth R et al. (2017). Caracterización morfológica y molecular de *Fusarium oxysporum* F. sp. *apii* asociado a la marcitez del apio en Costa Rica. Agronomía Costarricense, 42.
- Leslie JF; Summerell BA (2006). The *Fusarium* Laboratory Manual. Wiley Blackwell. USA. 388p.
- Martínez-Gallardo JÁ et al. (2019). Identificación y distribución de *Meloidogyne* spp. en tomate de Sinaloa México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 10(2): 453-459.
- Paulus AO (1993). *Fusarium* Wilt. Compendium of Tomato Diseases. Second Printing. The American Phytopathological Society. St. Paul Minnesota, USA. 73p.
- Wei J; Wu B (2020). Chemistry and bioactivities of secondary metabolites from the genus *Fusarium*. Fitoterapia, 146: 104638.

## Índice

### B

*Bacillus cereus*, 34, 35  
Biomasa aérea, 124, 129, 130

### C

Canopy temperature, 118  
Carbono, 130  
Criopreservación, 27

### D

densidad aparente, 7, 9, 11, 14, 15, 16, 17, 18

### E

El Fuerte, 124, 125, 126, 130  
Endophytic bacteria, 48, 62

### F

Fibra de coco, 80  
Fusarium, 23, 24, 26, 27, 29, 30, 31, 32, 64, 65,  
66, 67, 68, 69, 70, 71

### M

manglar, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 16, 17  
materia orgánica, 7, 8, 9, 11, 14, 16, 17, 18  
Mezquite, 125

### N

Nitrogen, 96, 97, 99, 103, 104

### P

parámetros físico-químicos, 7, 9  
*Panaeus vannamei*, 84, 85, 91  
PGPR, 48

### S

Salinidad, 84  
sedimento, 7, 9, 11, 13, 14, 15, 16, 17  
*Solanum lycopersicum*, 74  
Solución nutritiva, 79

### T

Tezontle, 77, 80

### Y

Yaqui Valley, 95, 96, 97, 98, 101, 102, 103, 104,  
105

## Sobre los organizadores



 **Dr. Leandris Argentel Martínez**

Profesor e Investigador Titular "C" del Tecnológico Nacional de México, Campus Valle del Yaqui (ITVY). Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, Nivel 1. Profesor Perfil Deseable (PRODEP) de la Secretaría de Educación Pública de México, Líder del Cuerpo Académico ITVAYA-CA-3. Líneas de investigación: Fisiología Vegetal, Bioquímica, Biología Celular y Molecular en plantas y microorganismos. Doctorado en Ciencias Biotecnológicas. Desarrollo de investigaciones sobre mecanismos fisiológicos, rutas anapleróticas y mecanismos moleculares activados por los organismos durante su adaptación a estreses abióticos.

Uso de marcadores moleculares de tolerancia de los organismos al estrés abiótico (salinidad, sequía y calor). Manejo de técnicas de isótopos estables para el seguimiento de reacciones bioquímicas en células y tejidos. Aplicación de técnicas experimentales univariadas y multivariadas para el procesamiento de datos. Entre sus principales proyectos, se encuentra vigente en 2022 “Aplicaciones del microbioma y el metaboloma de la *Parkinsonia aculeata* L. Sp. Pl. para la mitigación de estreses biótico y abiótico en el semidesierto y en especies de interés agrícola en México” correo electrónico para contacto: [oleinismora@gmail.com](mailto:oleinismora@gmail.com)



 **Dra. Ofelda Peñuelas Rubio**

Profesor e Investigador Titular "C" del Tecnológico Nacional de México, Campus Valle del Yaqui (ITVY). Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, Nivel 1. Profesora con Perfil Deseable (PRODEP) de la Secretaría de Educación Pública de México, miembro del Cuerpo Académico ITVAYA-CA-3. México. Realizó dos estancias posdoctorales (Enero 2016 - Diciembre 2017) dentro del programa de Estancias Nacionales de CONACYT en el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional unidad Sinaloa del Instituto Politécnico Nacional en el área de Ecología Molecular de la Rizósfera. Es Doctora en Ciencias especialidad en Biotecnología. Su

quehacer científico lo desarrolla en el área agrícola, principalmente en el manejo sustentable de los recursos implicados en los agroecosistemas y el aprovechamiento de la microbiota del suelo. Ha participado en colaboración con distintos grupos de investigación lo que le ha permitido participar en proyectos multidisciplinarios y en publicaciones científicas. Email para contacto: [ofeperub@gmail.com](mailto:ofeperub@gmail.com)





**Pantanal Editora**

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000  
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil  
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp)  
<https://www.editorapantanal.com.br>  
[contato@editorapantanal.com.br](mailto:contato@editorapantanal.com.br)