

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria
Ingeniería Agronómica



Proyecto Especial de Graduación

Evaluación de Resistencia a Mildiú Polvoso (*Oidium* spp.) en híbridos de melón (*Cucumis melo* L.) bajo condiciones de laboratorio

Estudiantes

Sofia Eugenia Maravilla Guzmán
Ricardo Martín Leiva Espinoza

Asesores

Carolina Avellaneda, Ph.D.
Hugo Ramírez, Ph.D.

Honduras, agosto 2022

Autoridades

TANYA MÜLLER GARCÍA

Rectora

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

CELIA O. TREJO RAMOS

Directora Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Índice de Contenido

Índice de Figuras	5
Índice de Anexos	6
Resumen	7
Abstract	8
Introducción.....	9
Materiales y Métodos	12
Localización.....	12
Materiales	12
Germinación de Plántulas	12
Recolección del Inóculo	13
Preparación de Materiales para Inocular	13
Inoculación de Oidium spp. en Hojas de Melón.....	14
Evaluación de Grado de Severidad	14
Diseño Experimental.....	17
Resultados y Discusión.....	18
Análisis de Origen del Inóculo	20
Análisis de susceptibilidad de Mildiú Polvoso en los Híbridos de Melón a Través del Tiempo (Días) .	22
Conclusiones.....	27
Recomendaciones.....	28
Referencias	29
Anexos	31

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Listado de Híbridos de Melón (<i>Cucumis melo</i> L.) Utilizados para la Evaluación de Mildiú Polvoso in vitro.	12
Cuadro 2 Resultados de Agrupación de Medias de Grado de Severidad Dependiendo del Inóculo de Mildiú Polvoso (<i>Oidium</i> spp.) Proveniente de Tomate y Girasol.	21
Cuadro 3 Resultados de Severidad de Mildiú Polvoso (<i>Oidium</i> spp.) en Híbridos de Melón (<i>Cucumis melo</i> L.) in vitro a Través del Tiempo (Días).	23
Cuadro 4 Resultados de la Relación entre Híbridos de melón (<i>Cucumis melo</i> L.) con las Variables: Origen de Inóculo del mildiu polvoso (<i>Oidium</i> spp.) y Tiempo.	26

Índice de Figuras

Figura 1 Escala de severidad Mildiú Polvoso (<i>Oidium spp.</i>) en Hojas Cotiledóneas y Verdaderas de Melón (<i>Cucumis melo L.</i>)	15
Figura 2 Observación a Nivel de Microscopio de Inóculo de Tomate.	16
Figura 3 Observación a Nivel de Microscopio de Inóculo de Girasol.....	16
Figura 4 Observación a Nivel de Microscopio de Mildiú Polvoso (literatura).....	17
Figura 5 Hojas de Híbridos de Melón (<i>Cucumis melo L.</i>) Inoculados in vitro con Esporas de Mildiú Polvoso (<i>Oidium spp.</i>) Proveniente de Tomate, Evaluados en el Transcurso de los Días Después de Inoculación (DDI).	18
Figura 6 Hojas de Híbridos de Melón (<i>Cucumis melo L.</i>) Inoculados in vitro con Esporas de Mildiú Polvoso (<i>Oidium spp.</i>) Proveniente de Girasol, Evaluados en el Transcurso de los Días Después de Inoculación (DDI).	19
Figura 7 Hojas de Híbridos de Melón (<i>Cucumis melo L.</i>) Utilizados sin Fuente de Inóculo (Control), Evaluados en el Transcurso de los Días.....	19
Figura 8 Grado de Severidad de Mildiú Polvoso (<i>Oidium spp.</i>) en Híbridos de Melón (<i>Cucumis melo L.</i>)	22
Figura 9 Grado de Severidad de Mildiú Polvoso (<i>Oidium spp.</i>) Híbridos de Melón (<i>Cucumis melo L.</i>) in vitro en el Transcurso del Tiempo (días).	24

Índice de Anexos

Anexo A Toma de Datos.....	31
Anexo B Ciclo de vida de Mildiú Polvoso	33

Resumen

El mildiú polvoso, causado por el oomicete *Oidium* spp., es una de las enfermedades fúngicas más importantes y causante de las mayores pérdidas en el cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) a nivel mundial. En la presente investigación, se evaluó la resistencia *in vitro* de diez híbridos de melón en presencia de mildiú polvoso, de inóculos (tratamientos) procedentes de tomate, girasol y control (hojas de híbridos de melón sin inóculo). Por cada tratamiento se realizaron 3 repeticiones en los 10 híbridos utilizadas, siendo un total de 90 unidades experimentales. El diseño experimental para el análisis estadístico fue un arreglo bifactorial (origen del inóculo e híbridos de melón), con diseño de Bloques Completos al Azar (BCA) con cuatro mediciones repetidas en el tiempo. Se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en el área bajo la curva de progreso de la enfermedad entre los diez híbridos. Se utilizó la escala de severidad para realizar una medida durante un período de 12 días, luego de que se llevara a cabo la inoculación del hongo en cada variedad. La sintomatología más leve se observó en Tacana (Perú) siendo el híbrido con mayor tolerancia a *Oidium* spp. y, PMR45 el híbrido con mayor susceptibilidad de los diez evaluados en el experimento. Finalmente, el origen del inóculo no generó diferencias significativas.

Palabras Clave: Enfermedades fúngicas, Inóculo, Severidad, Sintomatología, Susceptibilidad.

Abstract

Powdery mildew, caused by the oomycete *Oidium* spp., is one of the most important fungal diseases and causes the greatest losses in melon (*Cucumis melo* L.) cultivation worldwide. In the present investigation, the in vitro resistance of ten melon hybrids in the presence of powdery mildew, inoculate (treatments) from tomato, sunflower, and control (leaves of melon hybrids without inoculum) was evaluated. For each treatment, 3 repetitions were made in the 10 hybrids used, making a total of 90 experimental units. The experimental design for the statistical analysis was a bifactorial arrangement (origin of the inoculum and melon hybrids), with a Randomized Complete Block design (BCA) with four measurements repeated over time. Significant differences ($p < 0.05$) were found in the area under the disease progress curve among the ten hybrids. The severity scale was used to make a measurement during a period of 12 days, after the inoculation of the fungus was carried out in each variety. The mildest symptoms were observed in Tacana (Peru), being the hybrid with the highest tolerance to *Oidium* spp. and, PMR45, the hybrid with the highest susceptibility of the ten evaluated in the experiment. Finally, the origin of the inoculum did not generate significant differences.

Key words: Fungal diseases, Inoculum, Severity, Susceptibility, Symptomatology.

Introducción

El melón (*Cucumis melo* L.), es una planta de la familia Cucurbitaceae, originaria del África tropical. La mayor importancia económica se genera a partir de la comercialización de sus frutos, aunque también se consumen las semillas, hojas y flores (FAO 2012). Actualmente es una especie de cultivo altamente diversificada y de gran valor económico, con una producción de 27.5 millones de toneladas a nivel mundial en el 2019 (FAO 2021). Honduras, está posicionado dentro de los principales cinco productores internacionales, generando 176 mil toneladas métricas y permitiendo ingresos por \$60 millones al país (FAO 2013). Sin embargo, los rendimientos y calidad del fruto de melón se limitan debido a la presencia de plagas y enfermedades, siendo uno de los principales el mildiú polvoso. Según Samayoa (2012) menciona que mildiú polvoso (*Oidium* spp.), se ha presentado con niveles de incidencia de 100% en los cultivares, y severidad en ocasiones arriba del 50%, presentando daño económico en la producción, rendimiento y calidad del fruto.

Oidium spp. tiene una extensa gama de hospederos, infectando más de 49 especies de 20 géneros dentro de las Cucurbitáceas, incluidas 19 especies del género *Cucumis* (Lebeda y Widrlechner 2003). También tiene una amplia distribución geográfica, en la cual se ha informado en más de 70 países, incluidos entornos que van desde semiáridos en climas templados a semiáridos tropicales (Lebeda y Urban 2007). El Mildiú Polvoso es causado fundamentalmente por cuatro géneros y cinco especies de hongos ascomicetos del orden Erysiphales: *Golovinomyces cichoracearum*, *Erysiphe cichoracearum*, *Sphaerotheca fuliginea*, *Podosphaera fusca* y *Oidium* spp. (Lemus Isla et al. 2005). Cohen et al. (2004) refirieron la existencia de hasta 12 razas de *Oidium* spp., siendo posible que en condiciones bioecológicas específicas estén determinando una variabilidad en la especie y conlleven a la existencia de ecotipos diferentes.

El inicio de la infección por *Oidium* spp. se manifiesta por la presencia de manchas de polvo blanquecino en la superficie de las hojas, las que se hacen extensivas a las nervaduras foliares y posteriormente a los tallos. En infecciones avanzadas se ven afectadas también las inflorescencias y

flores. Una de las consecuencias de la infección es la deformación de los tallos, reducción de capacidad fotosintética, maduración foliar prematura, degeneración de las inflorescencias y enanismo de las plantas, con la consecuente pérdida del cultivo (McGrath 1997). Los daños que ocasiona *Oidium* spp., especialmente en variedades sensibles en las que no se ha llevado un control eficaz a lo largo del ciclo de cultivo. La muerte de flores y yemas, las clorosis, necrosis, deformaciones en las hojas y defoliaciones, unido al impacto en el cuajado crecimiento y pérdida del valor comercial de los frutos afectados, pueden llegar a originar un debilitamiento o depresión vegetativa en los árboles afectados con un impacto notable sobre la cantidad y calidad del producto final (Hansen 2009).

Oidium spp. sobrevive en las plantas vivas y en estructuras sobrantes; las esporas son transportadas por el viento y es favorecido en localidades que tienen un pobre movimiento de aire (Inforjardín 2013). La pared celular de los oídios está formada principalmente por quitina, celulosa y β -1,3-glucanos embebidos en una matriz de material amorfo, además de ciertas proteínas, asociadas a lípidos y polisacáridos. Las fases del *Oidium* spp. son parecidas a peritecios y producidas entre el micelio, esféricas y no ostioladas, se llaman cleistotecios. Los cleistotecios llevan habitualmente distintos apéndices de tipo miceliar, en forma de agujas, o rectos con extremos ramificados dicotómicamente. Los diferentes géneros de oídio están separados en base a la morfología de sus apéndices y de sí contienen una o varias ascas (Castro 2017) Desarrolla un micelio formado por hifas tabicadas hialina y muy entrecruzadas, que producen discos fijadores en su cara ventral (de donde parten haustorios a las células superficiales) y conidióforos no ensanchados en la base, provistos de conidios en forma de barril, hialinos, de 28-32 por 14-18 micras (Oerke et al. 2006).

Espín (2013) menciona que el clima en determinadas zonas con alta humedad estimula a que el hongo se desarrolle de una forma muy rápida y que tengan una mayor supervivencia conidial, por lo que estos ocasionen un mayor daño en el follaje principalmente en hojas y en menor parte en los tallos. Sin embargo, Keinath et al. (2017) indican que las condiciones secas favorecen la colonización, la esporulación y la dispersión. Las temperaturas óptimas para el desarrollo de la enfermedad son 20-

27°C; la infección puede ocurrir entre 10 y 32 °C. En condiciones de campo, el desarrollo de mildiú polvoroso se detiene a 38°C y más. El mildiú polvoroso se maneja con cultivares resistentes y fungicidas, esta enfermedad no se puede evitar porque el patógeno se desarrolla bajo una amplia gama de condiciones, en particular la humedad, y este esporula abundantemente; por lo tanto, el mildiú polvoroso ocurre de manera rutinaria en la mayoría de las áreas de producción (Keinath et al. 2017).

El presente estudio se realizó con los objetivos de determinar el híbrido de melón más resistente al mildiú polvoroso, bajo condiciones de laboratorio y, determinar si diferentes orígenes de inóculos afectan el grado de severidad encontrado en los híbridos.

Materiales y Métodos

Localización

El estudio se realizó en el Laboratorio de Fitopatología, Diagnóstico e Investigación Molecular de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Ubicado en el Valle del Río de Yeguaré, a 32 km al sureste de Tegucigalpa, Honduras.

Materiales

Los materiales que se utilizaron para la elaboración de este estudio son los siguientes.

Material vegetal (hojas) sano de híbridos de melón (Cuadro 1).

Inóculo del hongo fitopatógeno Mildiú Polvoso (*Oidium* spp.) provenientes de plantas infectadas de tomate y girasol.

Cuadro 1

Listado de Híbridos de Melón (Cucumis melo L.) Utilizados para la Evaluación de Mildiú Polvoso in vitro.

Híbrido	Origen	Cantidad de semillas	Proveedor
E47	USA	15	HM Clause
PMR 45	USA	15	HM Clause
PI313970	USA	15	HM Clause
TACANA	PERU	15	HM Clause
FIJI	CHINA	15	HM Clause
DON DAVID	USA	14	Seminis
MXP3439	USA	15	HM Clause
TONGA	PERU	10	HM Clause
TACANA	USA	15	HM Clause
CARIBEAN GOLD	HOLANDA	15	Rijk Zwaan

Germinación de Plántulas

Las plántulas empleadas como material vegetal, provenientes de semillas híbridas fueron germinadas en el Módulo de Propagación de Plantas y Ornamentales en la Escuela Agrícola

Panamericana, Zamorano. Se seleccionaron bandejas de germinación de plástico con un tamaño de 9x18 (162 alvéolos), siendo desinfectadas utilizando agua y cloro (0.02 mL/L). Posteriormente, se preparó el sustrato, el cual constó de turba (Pindstrup plus®) originario de Dinamarca. Una vez las bandejas fueron rellenas con la turba y rotuladas, se prosiguió a la siembra de los híbridos de melón, los cuales permanecieron en la cámara de germinación durante ocho días. Una vez germinados, se trasladaron las bandejas al invernadero 3 del Módulo de Propagación de Plantas y Ornamentales, las plantas continuaron un total de 26 días en condiciones controladas, con el fin de desarrollar suficiente área foliar libre de patógenos.

Recolección del Inóculo

Se recolectaron hojas infectadas con Mildiú Polvoso (*Oidium* spp.) en la Unidad de Olericultura Intensiva y Extensiva de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Las fuentes de inóculo fueron: tomate (Tratamiento 1) del invernadero 8 de la Unidad Olericultura Intensiva y girasol (Tratamiento 2) barrera viva de melón. Se recolectaron hojas de tomate y girasol, que presentaban una sola lesión con esporulación reciente de Mildiú Polvoso (*Oidium* spp.). Una vez recolectadas las hojas, se procedió a colocarlas en cámaras húmedas con el fin de mantener el inóculo activo el mayor tiempo posible. Las hojas recolectadas en campo fueron llevadas al Laboratorio de Fitopatología, Diagnóstico e Investigación Molecular de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, donde se extrajo el micelio de Mildiú Polvoso para la inoculación *in vitro* en los híbridos de melón.

Preparación de Materiales para Inocular

Se identificaron las hojas verdaderas sanas (libres de enfermedades y daños), las cuales fueron cortadas con un bisturí, desinfectado así un total de 9 hojas verdaderas (las primeras hojas en realizar la fotosíntesis) de cada híbrido, seguidamente se depositaron en un beaker con agua filtrada, con la finalidad de remover partículas grandes de sustrato de las hojas. Posteriormente, se limpió y esterilizó la cámara de flujo laminar, se preparó una solución de hipoclorito de sodio al 3%. Luego, se

esterilizaron pinzas de trabajo realizando un flameado, estas se sumergieron en alcohol al 95%, luego se flamearon nuevamente y, se sumergieron por segunda vez en alcohol al 95%.

Se agregó solución de hipoclorito de sodio al 3% al beaker con hojas de melón de cada híbrido, y se agitaron constantemente para asegurar un completo lavado de todas las hojas durante 3 minutos. Posteriormente, se realizaron dos lavados sucesivos con agua destilada estéril para remover el cloro restante. Finalmente, se secaron las hojas en papel filtro estéril.

Se tomó cuidadosamente con pinzas estériles cada hoja y se colocó una hoja por plato Petri con Agar Agua, ubicando la mayor parte de la superficie de la hoja en contacto con el medio. Posteriormente, se identificó cada plato con la siguiente información: fecha de establecimiento, código de cada híbrido y tratamiento a implementar.

Inoculación de *Oidium* spp. en Hojas de Melón

Se preparó la cámara de flujo laminar, se esterilizaron agujas de disección a través de flameado y desinfección con alcohol al 95%. Seguidamente, se utilizó un estereoscopio para enfocar esporas de *Oidium* spp. y, con las agujas de disección se recogieron las esporas evitando tocar la hoja. Se inoculó en las hojas en forma de "+". Finalmente, se sellaron los platos Petri y se procedió a identificarlo con la siguiente información: fecha de inoculación y el tratamiento. Una vez sellados con papel parafina, se colocaron los platos Petri inoculados en la incubadora a 23 °C durante 48 horas, y los 10 días restantes a temperatura ambiente y luz.

Evaluación de Grado de Severidad

Las evaluaciones se realizaron a partir del primer día (13 de mayo) después de la primera inoculación (DDI), se prosiguió con las inoculaciones hasta el 26 de mayo. Sin embargo, se siguieron realizando evaluaciones a las variedades que ya habían sido inoculadas previamente, siguiendo un lapso de 4 días entre cada toma de datos.

La severidad del mildiú polvoso (*Oidium* spp.) fue evaluada como grado de reacción de la enfermedad, mediante la Escala de Severidad (1 – 5), siendo 5 la sintomatología más grave. La Escala de Severidad fue brindada por el Laboratorio de Fitopatología, Diagnóstico e Investigación Molecular (Figura 1), la cual se encuentra en etapa preliminar en el laboratorio, esto debido que no se ha registrado oficialmente una escala de severidad para mildiú. La escala para conocer la severidad del daño del mildiú polvoso proveniente de los inóculos de tomate y girasol en las plántulas de melón, se basó utilizando los criterios establecidos por Ochoa et al. (1999) en un estudio previo donde se evaluó el patógeno sobre el cultivo de quinoa. Se realizaron observaciones y toma de datos en intervalos de tiempo determinados, siendo día 1, 4, 8 y 12. En los cuales se registró de forma precisa el porcentaje de severidad para cada hoja evaluada, siendo para el enfoque de este estudio utilizada la segunda línea de hojas en la escala (hojas verdaderas).

Figura 1

Escala de severidad Mildiú Polvoso (Oidium spp.) en Hojas Cotiledóneas y Verdaderas de Melón (Cucumis melo L.).



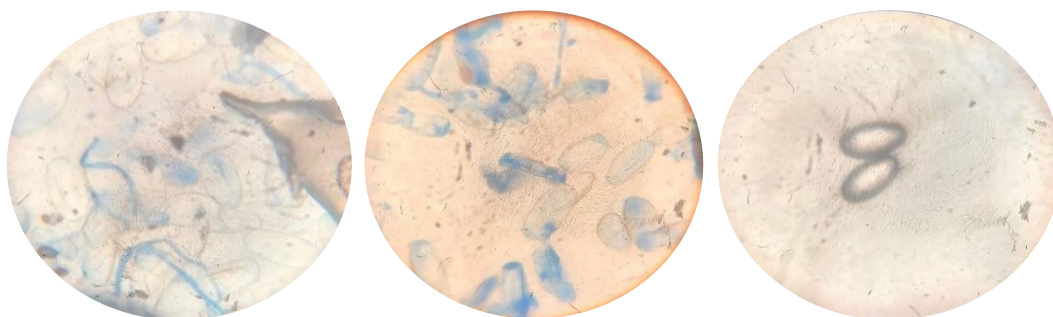
Nota. 0: Ausencia de síntomas evidentes, ausencia de necrosis. 1: Lesiones pequeñas clorótico-necróticas (2-5 mm) con micelio truncado en el mesófilo de la hoja. 2: Lesiones cloróticas pequeñas (4-8 mm) con poca esporulación. 3: Lesiones con esporulación, cloróticas definidas de tamaño mediano; esporulación principalmente en la superficie inferior de la hoja. 4: Lesiones cloróticas grandes no claramente definidas, pero con esporulación. Esporulación principalmente en la superficie inferior de la hoja. 5: Clorosis suave con abundante esporulación en ambas superficies de la hoja.

La Escala de severidad (Figura 1) propuesta con cinco rangos de sintomatología, permitió estratificar adecuadamente los intervalos de severidad más representativos del comportamiento de *Oidium* spp., permitiendo realizar las evaluaciones con precisión y rapidez.

En las Figuras 2 y 3, se observó a nivel de microscopio los inóculos que se encontraban en las hojas de tomate y girasol, con el fin de asegurar infectar con mildiú polvoso, debido que *Oidium* spp. se percibe y puede presentar similar sintomatología que otros hongos. En la Figura 4, se compara la literatura, observando la apariencia del mildiú polvoso, tanto la forma de las esporas, el tamaño de estas y las paredes celulares.

Figura 2

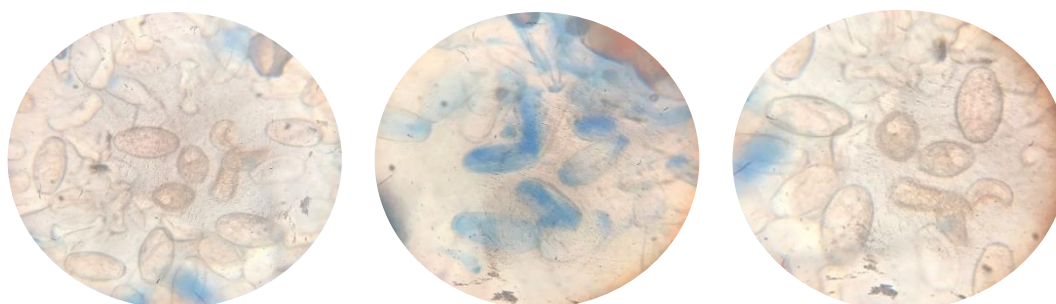
Observación a Nivel de Microscopio de Inóculo de Tomate.



Nota. Presencia de conidios y formación de haustorios.

Figura 3

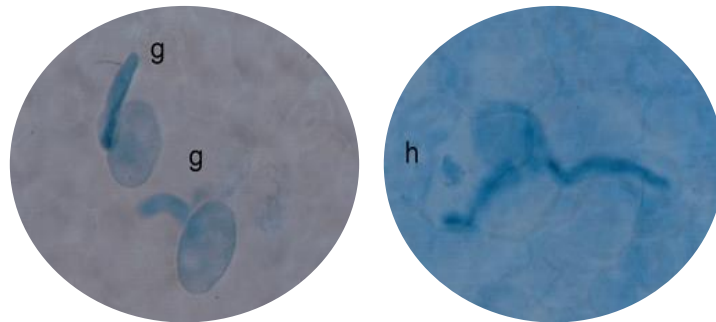
Observación a Nivel de Microscopio de Inóculo de Girasol.



Nota. Presencia de conidios y formación de haustorios.

Figura 4

Observación a Nivel de Microscopio de Mildiú Polvoso (literatura).



Nota. Tomada de Kuzuya et al. (2006); g= iniciación del tubo germinal 12 h después de la inoculación. h=Formación de haustorios dentro de las 24 h de la inoculación.

Diseño Experimental

Se estableció un Arreglo Bifactorial con niveles en base al origen del inóculo, siendo tratamiento 1 (inóculo de tomate), tratamiento 2 (inóculo de girasol) y tratamiento 3 (control) y, los diez híbridos de melón, bajo el diseño de Bloques Completos al Azar (BCA) con cuatro mediciones repetidas en el tiempo (días); cada uno de los niveles tuvo tres repeticiones siendo un total de 90 unidades experimentales. Los tratamientos se definieron siguiendo la metodología establecida por (Olivares 1996).

Los datos fueron analizados en el programa Statistical Analysis System (SAS®) versión 9.4. Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) para determinar si existen diferencias significativas y, posteriormente se aplicó una prueba múltiple de medias DUNCAN para determinar los híbridos con mayores y menores índices de resistencia.

Resultados y Discusión

Los resultados presentados para la determinación de valores máximos y mínimos de resistencia a mildiu polvoso en híbridos de melón de los cuales en las Figuras 5, 6 y 7 se observan los híbridos evaluados en el estudio para los tratamientos: inóculo de tomate, inóculo de girasol y control, respectivamente. Las mediciones de tiempo fueron realizadas después del día de inoculación uno, cuatro, ocho y doce. Se observó una interacción entre las variables y la medición, por lo que a medida se prolonga el tiempo, existe una mayor severidad en todos los tratamientos del experimento.

Como se puede observar en las Figuras 5, 6 y 7, presentaron mínimo dos síntomas comunes de Mildiú Polvoso reportados en cucurbitáceas, tales como: manchas cloróticas en las hojas acompañadas de poca o ninguna esporulación y solo una pequeña cantidad de desarrollo micelial, o desarrollo micelial y conidial en la superficie de la hoja con o sin las manchas cloróticas asociadas (Davis et al. 2001).

Figura 5

Hojas de Híbridos de Melón (Cucumis melo L.) Inoculados in vitro con Esporas de Mildiú Polvoso (Oidium spp.) Proveniente de Tomate, Evaluados en el Transcurso de los Días Después de Inoculación (DDI).

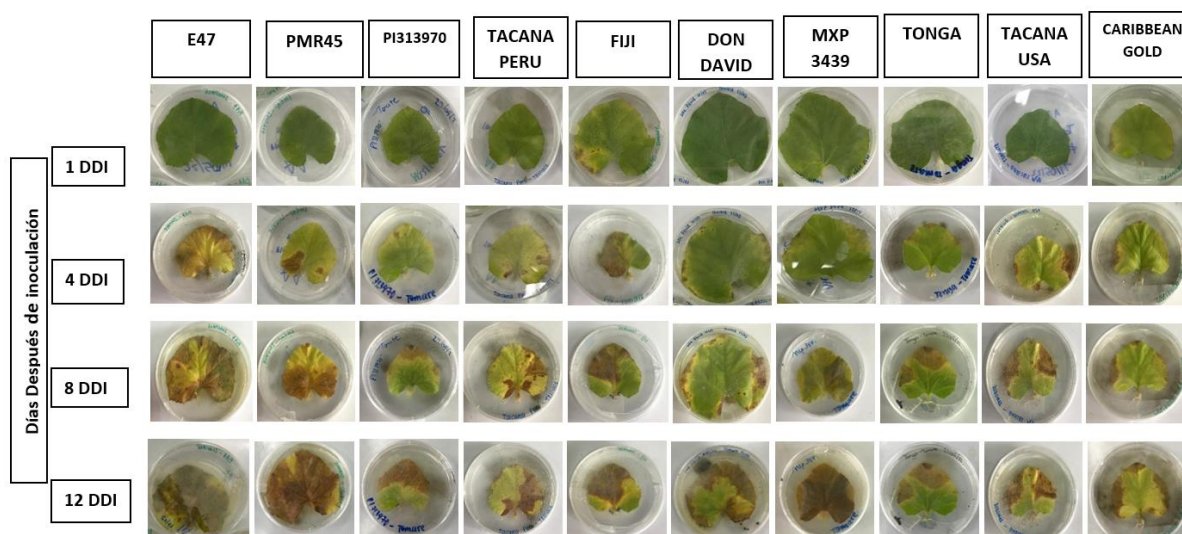


Figura 6

Hojas de Híbridos de Melón (Cucumis melo L.) Inoculados in vitro con Esporas de Mildiú Polvoso (Oidium spp.) Proveniente de Girasol, Evaluados en el Transcurso de los Días Después de Inoculación (DDI).

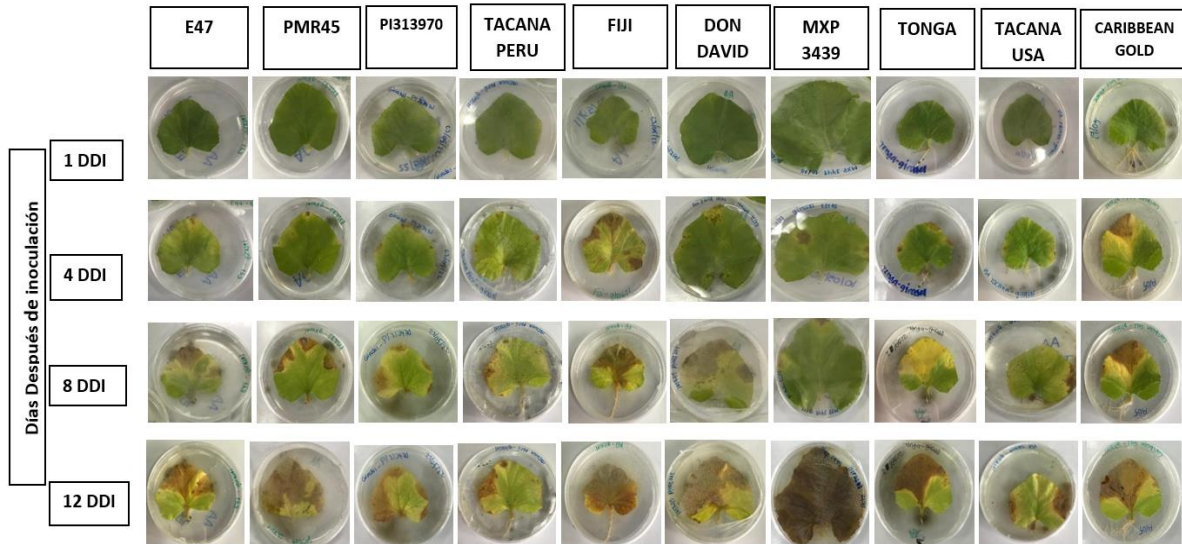
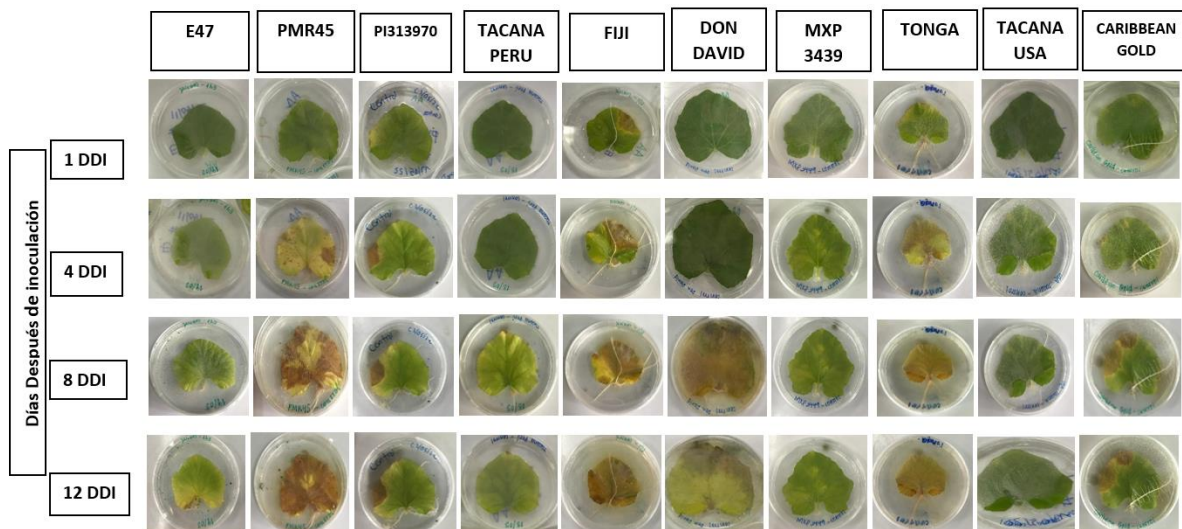


Figura 7

Hojas de Híbridos de Melón (Cucumis melo L.) Utilizados sin Fuente de Inóculo (Control), Evaluados en el Transcurso de los Días.



Análisis de Origen del Inóculo

En el Cuadro 2 se observa que los híbridos E47, PMR45, PI313970, Tacana (Perú), Don David y Tonga, no demostraron diferencias significativas entre los inóculos provenientes de tomate y girasol, por lo que el origen del inóculo no afectó en la incidencia de Mildiú Polvoso. De acuerdo con Félix-Gastélum et al. (2017) mencionan que los estudios morfométricos del teleomorfo y anamorfo en calabaza y pepino permitieron la identificación de *Oidium* spp. en estos hospedantes, el anamorfo del mismo hongo se identificó en melón, sandía, bule y tomate. Por lo que, independientemente el Mildiú Polvoso este en otro hospedero, fácilmente se puede diseminar, aunque los hospederos sean de distintas familias. Sin embargo, los híbridos Fiji, MXP3439, Tacana (USA) y Caribbean Gold si existieron diferencias significativas entre tratamientos 1 (origen de inóculo tomate) y 2 (origen de inóculo girasol), de las cuales Fiji, MXP3439 y Caribbean Gold manifestaron una mayor incidencia con origen de inóculo de tomate.

Cuadro 2

Resultados de Agrupación de Medias de Grado de Severidad Dependiendo del Inóculo de Mildiú Polvoso (Oidium spp.) Proveniente de Tomate y Girasol.

Fuentes de Inóculo	Híbridos									
	E47	PMR45	PI313970	Tacana (Perú)	Fiji	Don David	MXP3439	Tonga	Tacana (USA)	Caribbean Gold
Inóculo de Tomate	1.16 ^a	1.50 ^a	1.16 ^a	0.50 ^a	1.08 ^a	0.75 ^a	0.75 ^a	0.58 ^a	0.41 ^b	1.41 ^a
Inóculo de Girasol	1.33 ^a	1.33 ^a	1.00 ^a	0.33 ^a	0.66 ^b	0.91 ^a	0.33 ^b	0.75 ^a	0.75 ^a	1.16 ^b
Control	0.00 ^b	0.00 ^b	0.00 ^b	0.00 ^b	0.00 ^c	0.00 ^b	0.00 ^c	0.00 ^b	0.00 ^c	0.00 ^c
Probabilidad	<.0001	<.0001	<.0001	0.0008	<.0001	<.0001	<.0001	0.0003	<.0001	<.0001
R ²	0.96	0.91	0.9	0.82	0.94	0.92	0.95	0.84	0.91	0.94
C.V (%)	34.64	48.86	48.85	120	36.88	71.41	46.15	81	65.46	31.6

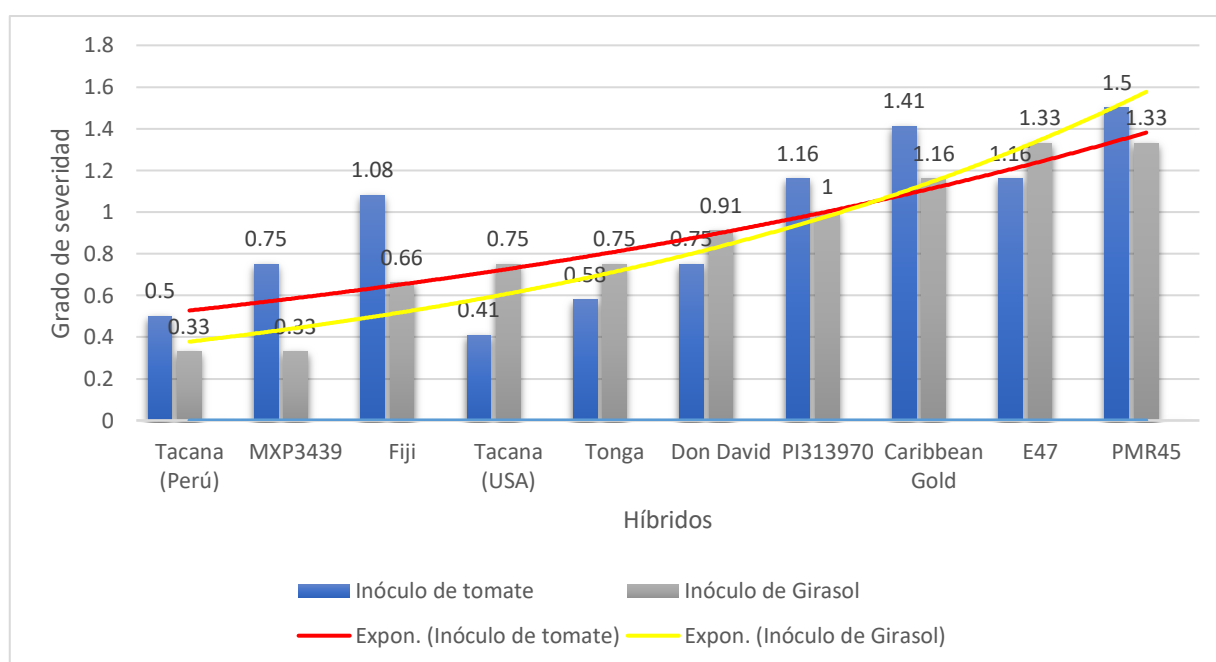
Nota. ^{a, b, c} Medias con letras diferentes en la misma fila difieren a $P \leq 0.05$. Tratamiento 1: Inoculo de Mildiu Polvoso en tomate. Tratamiento 2: Inoculo de Mildiu Polvoso en girasol. Tratamiento 3: Control.

P: Probabilidad. C.V: Coeficiente de variación.

Como se puede observar en la Figura 8, respecto a valores máximos y mínimos de severidad en base a tratamientos, Tacana (Perú) obtuvo el valor mínimo de severidad a los inóculos, seguido por MXP 3439, Fiji y Tacana (USA). Por otra parte, el híbrido PMR45 mostró mayor severidad a *Oidium* spp., y con valores similares Caribbean Gold y E47.

Figura 8

Grado de Severidad de Mildiú Polvoso (Oidium spp.) en Híbridos de Melón (Cucumis melo L.).



Análisis de susceptibilidad de Mildiú Polvoso en los Híbridos de Melón a Través del Tiempo (Días)

El Cuadro 3, muestra la evolución en el tiempo de Mildiu Polvoso en los 10 híbridos de melón evaluados, de los cuales PMR45 presentó valores máximos y Tacana (Perú) valores mínimos de evolución de la enfermedad. Como patógenos biótrofos, el mildiú requiere tejido vegetal vivo para crecer y reproducirse. Por lo tanto, estos patógenos deben lograr un delicado equilibrio entre extraer suficientes recursos de la planta para completar su ciclo de vida, pero no como para que la planta muera prematuramente (Giese et al. 1997).

Cuadro 3

Resultados de Severidad de Mildiú Polvoso (Oidium spp.) en Híbridos de Melón (Cucumis melo L.) in vitro a Través del Tiempo (Días).

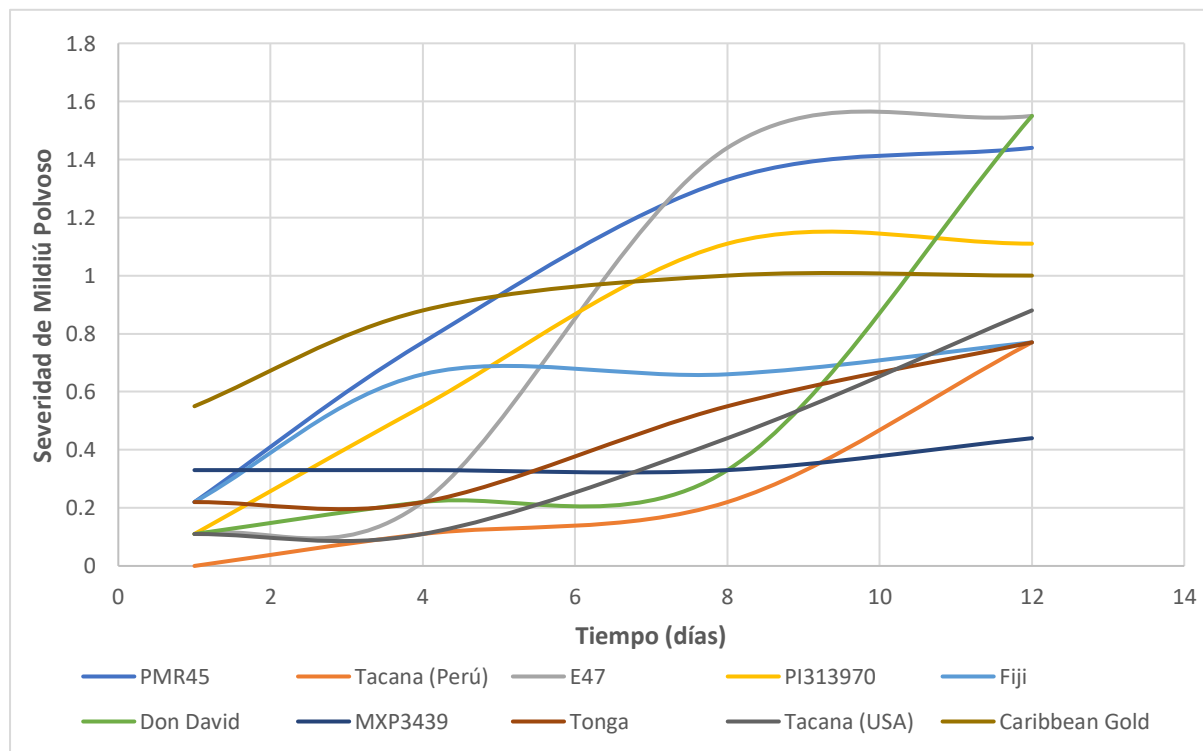
Tiempo (días)	Híbridos									
	E47	PMR45	PI313970	Tacana (Perú)	Fiji	Don David	MXP3439	Tonga	Tacana (USA)	Caribbean Gold
Día 1	0.11b	0.22c	0.11c	0.00b	0.22b	0.11b	0.33a	0.22b	0.11c	0.55b
Día 4	0.22b	0.77b	0.55b	0.11b	0.66a	0.22b	0.33a	0.22b	0.11c	0.88a
Día 8	1.44a	1.33a	1.11a	0.22b	0.66a	0.33b	0.33a	0.55ab	0.44b	1.00a
Día 12	1.55a	1.44a	1.11a	0.77a	0.77a	1.55a	0.44a	0.77a	0.88a	1.00a
Probabilidad	<.0001	<.0001	<.0001	0.0008	<.0001	<.0001	<.0001	0.0003	<.0001	<.0001
R ²	0.96	0.91	0.9	0.82	0.94	0.92	0.95	0.84	0.91	0.94
C.V (%)	34.64	48.86	48.85	120	36.88	71.41	46.15	81	65.46	31.6

Nota. ^{a, b, c} Medias con letras diferentes en la misma fila difieren a $P \leq 0.05$. P: Probabilidad. C.V: Coeficiente de variación.

El patrón de una enfermedad en términos del número de lesiones, la cantidad de tejido dañado o el número de plantas enfermas, está dado por una curva que muestra el desarrollo (avance) con el transcurso del tiempo que se puede observar en la Figura 9. El punto de origen y la forma de dicha curva dan información acerca del período de aparición y de la cantidad de inóculo, los cambios que ocurren en la susceptibilidad del hospedante durante su período de crecimiento, los eventos importantes del estado del tiempo y la efectividad de los híbridos. Las curvas de progreso de la enfermedad, debido a que son afectadas por el clima, la variedad del cultivo, etc., varían un poco con la localidad y el tiempo, pero en general son características para algunos grupos de enfermedades (Agrios 2005).

Figura 9

Grado de Severidad de Mildiú Polvoso (Oidium spp.) Híbridos de Melón (Cucumis melo L.) in vitro en el Transcurso del Tiempo (días).



Resultados de la Relación entre Híbridos con las Variables Origen de Inóculo y Tiempo

En el Cuadro 4, se presentan los resultados de interacción entre variables en híbrido de melón. Se puede observar que para las variedades E47, PMR45, Fiji, Don David, MXP3439, Tacana (USA) y Caribbean Gold el uso de bloques fue significativo. Sin embargo, para las variedades PI313970, Tacana (Perú) y Tonga no se justifica el uso de bloques.

Por otro lado, se observan diferencias significativas entre los tratamientos, por lo que se puede asegurar que por lo menos un tratamiento presentó diferencias con respecto a los demás. De igual forma, se observa una diferencia significativa en términos de tiempo a excepción del híbrido MXP3439, por lo que se puede asegurar que este factor tiene influencia sobre los resultados obtenidos durante este estudio. Finalmente, existe una interacción significativa entre el tiempo y la mayoría de los tratamientos, a excepción de las variedades MXP3439, Tonga y Caribbean Gold. A nivel mundial, las preocupaciones económicas y ambientales, así como la sensibilidad reducida a los fungicidas, dictan que la identificación de la resistencia al mildiú polvoso en las cucurbitáceas y el desarrollo de cultivares resistentes es la mejor opción para el control de esta enfermedad (McGrath 1996).

Cuadro 4

Resultados de la Relación entre Híbridos de melón (Cucumis melo L.) con las Variables: Origen de Inóculo del mildiu polvoso (Oidium spp.) y Tiempo.

	Híbridos									
	E47	PMR45	PI313970	Tacana (Perú)	Fiji	Don David	MXP3439	Tonga	Tacana (USA)	Caribbean Gold
Híbridos	0.002	0.0005	0.0883	0.0624	<.0001	0.0139	<.0001	0.441	<.0001	<.0001
Origen de Inóculo	<.0001	<.0001	<.0001	0.0056	<.0001	<.0001	<.0001	0.0002	<.0001	<.0001
Híbridos*Origen de Inóculo	<.0001	0.003	0.0039	0.012	<.0001	0.0046	<.0001	0.0001	0.0015	<.0001
Tiempo (días)	<.0001	<.0001	<.0001	0.0005	0.0002	<.0001	0.4155	0.0096	<.0001	0.0081
Origen del inóculo*Tiempo (días)	<.0001	0.0021	0.0074	0.0497	0.0005	<.0001	0.4552	0.2343	0.002	0.1975
Probabilidad	<.0001	<.0001	<.0001	0.0008	<.0001	<.0001	<.0001	0.0003	<.0001	<.0001
R ²	0.96	0.91	0.9	0.82	0.94	0.92	0.95	0.84	0.91	0.94
C.V (%)	34.64	48.86	48.85	120	36.88	71.41	46.15	81	65.46	31.6

Nota. P: Probabilidad. C.V: Coeficiente de variación.

Conclusiones

El origen del inóculo no representa diferencias respecto a la sintomatología y severidad presentada en híbridos.

La interacción entre el origen del inóculo con respecto a la medición en tiempo está relacionada directamente con niveles de severidad, existiendo una mayor severidad en todos los tratamientos del experimento en el día doce.

El híbrido de melón que presentó valores mínimos de susceptibilidad en presencia de Mildiú Polvoso (*Oidium* spp.) fue Tacana (Perú).

PMR45 fue el híbrido que obtuvo valores mayores de susceptibilidad en presencia de Mildiú Polvoso (*Oidium* spp.).

Recomendaciones

Evaluar inóculos de diferentes orígenes, con el fin determinar si plantas asociadas o cercanas pueden ser potenciales hospederas de Mildiú Polvoso (*Oidium* spp.).

Evaluar la susceptibilidad de Mildiú Polvoso durante intervalos de tiempo más cortos, con el fin de obtener mediciones más concretas entre variedades y comportamiento del fitopatógeno.

Continuar con el proceso de desarrollo y validación de la escala de evaluación, realizando inoculaciones en un mayor número de híbridos de melón. Ya que no existe una escala reportada en literatura para la evaluación de *Oidium* spp. en mel

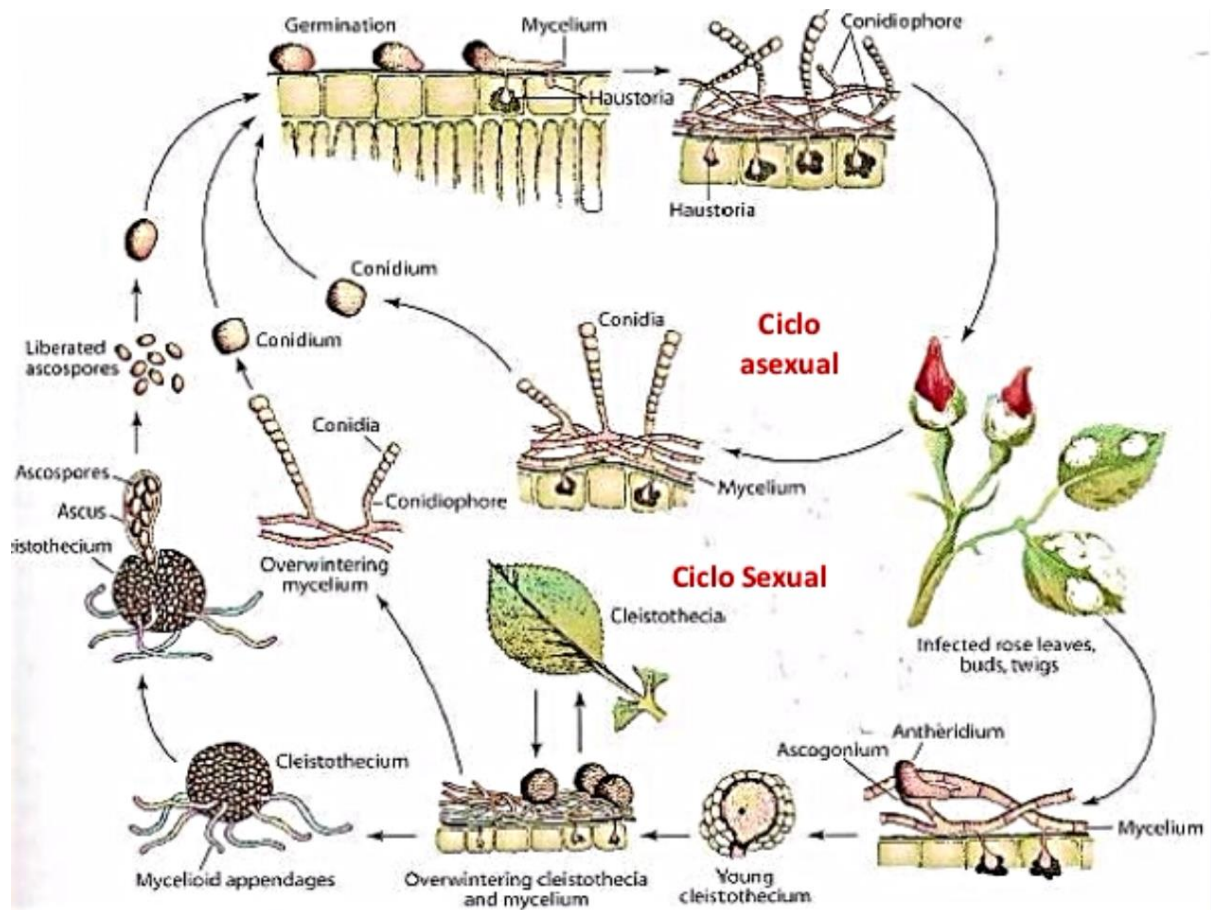
Referencias

- Agrios G. 2005. Introducción a la fitopatología. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 29 de jul. de 2022]. 819 p. <http://biblioteca.utsem-morelos.edu.mx/files/asp/biologia/FITOPATOLOGIA%20-%20George%20N-Agrios.pdf>.
- Castillo E. 2012. Incidencia y severidad del mildiú polvoriento en el cultivo de melón. Entrevista con Samayoa F. Guatemala. 2012.
- Castro R. 2017. Implementacion de sistema haccp y su certificación en elaboración de camarón congelado y empaçado de la empresa ecuador seafood s.a. [sin lugar]: Machala: Universidad Técnica de Machala. es. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/11085>.
- Cohen R, Burger Y, Katzir N. 2004. Monitoring physiological races of *Podosphaera xanthii* (syn.*Sphaerotheca fuliginea*), the causal agent of powdery mildew in cucurbits: Factors affecting race identification and the importance for research and commerce. *Phytoparasitica*; [consultado el 29 de jul. de 2022]. 32:174–183. <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02979784>.
- Davis A, Bruton B, Pair S. 2001. Powdery mildew: an emerging disease of watermelon in the United States cucurbit genet. Oklahoma: [sin editorial]; [consultado el 30 de jul. de 2022]. <https://cucurbit.info/wp-content/uploads/2019/03/cgc24-13.pdf>.
- Espín A. 2013. Prevención de Oidio (*Oidium* sp.) en el cultivo establecido de mora (*Rubus glaucus* Benth) mediante el empleo de inmunizadores. [sin lugar]. spa. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/4324>.
- FAO. 2012. Producción de melón mundial. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 30 de jul. de 2022]. <https://www.fao.org/faostat/es/>.
- FAO. 2013. Producción de melón en Honduras. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 30 de jul. de 2022]. <https://www.fao.org/faostat/es/>.
- FAO. 2021. Datos de producción y rendimiento de melón. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 30 de jul. de 2022]. <https://www.fao.org/faostat/es/>.
- Félix-Gastélum R, Maldonado-Mendoza IE, Beltran-Peña H, Apodaca-Sánchez MÁ, Espinoza-Matías S, Del Martínez-Valenzuela MC, Longoria-Espinoza RM, Olivas-Peraza NG. 2017. Las cenicillas en cultivos agrícolas de Sinaloa: situación actual sobre su identificación y líneas futuras de investigación. *RMF*. 35(1). doi:10.18781/r.mex.fit.1607-4.
- Giese H, Hippe-Sanwald S, Somerville S, Weller J. 1997. Erysiphe graminis. En: Carroll GC, Tudzynski P, editores. *Plant relationships part B*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. p. 55–77. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20127800763>.
- Hansen M. 2009. Powdery mildew of cucurbits. Virginia: Virginia polytechnic institute and state university ; [consultado el 30 de jul. de 2022]. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20127800763>.
- Inforjardín. 2013. Oidio, Blanca, Blanquilla, Blanqueta, Mal blanco, Cenizo, Oidiopsis, Oidios, Oidium. [sin lugar]: [sin editorial]; [actualizado el 5 de ago. de 2022; consultado el 5 de ago. de 2022]. https://articulos.infojardin.com/PLAGAS_Y_ENF/Enfermedades/Oidio.htm.
- Keinath P, Wintermantel W, Zitter T. 2017. *Compendium of cucurbit diseases and pests*. 2ª ed. [sin lugar]: [sin editorial].

- Kuzuya M, Yashiro K, Tomita K, Ezura H. 2006. Powdery mildew (*Podosphaera xanthii*) resistance in melon is categorized into two types based on inhibition of the infection processes. *J Exp Bot.* 57(9):2093–2100. eng. doi:10.1093/jxb/erj166.
- Lebeda A, Urban J. 2007. Temporal changes in pathogenicity and fungicide resistance in *Pseudoperonospora cubensis* populations. *Acta Hortic.* (731):327–336. doi:10.17660/ActaHortic.2007.731.44.
- Lebeda A, Widrechner MP. 2003. A set of *Cucurbitaceae* taxa for differentiation of *Pseudoperonospora cubensis* pathotypes / Ein Testsortiment von *Cucurbitaceae*-Taxa für die Differenzierung der Pathotypen von *Pseudoperonospora cubensis*. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz / Journal of Plant Diseases and Protection.* 110(4):337–349. <http://www.jstor.org/stable/43216064>.
- Lemus Isla, Yasi, Hernández Salgado, Julio C., Ramírez Guerra, Aurelia. 2005. Determinación de razas de mildiu polvoriento (*Sphaerotheca fuliginea*) en melón (*Cucumis melo*); [consultado el 30 de jul. de 2022]. 9(1):19–22. <https://www.redalyc.org/pdf/2091/209116169004.pdf>.
- McGrath M. 1996. Powdery mildew. *Compendium of cucurbit diseases.* 28–30. <https://ci.nii.ac.jp/naid/10028251044/>.
- McGrath M. 1997. Powdery mildew of cucurbits. [sin lugar]: New York State IPM Program. en_US. <https://ecommons.cornell.edu/handle/1813/43293>.
- Ochoa J, Frinking HD, Jacobs T. 1999. Postulation of virulence groups and resistance factors in the quinoa/downy mildew pathosystem using material from Ecuador. *Plant pathology.* English. https://agris.fao.org/agris-search/search.do;jsessionid=0AAFEC338857F71ED643B42EE433630B?request_locale=fr&recordID=US201302934301&query=&sourceQuery=&sortField=&sortOrder=&agrovocString=&advQuery=%C2%A2erString=&enableField=.
- Oerke E-C, Steiner U, Dehne H-W, Lindenthal M. 2006. Thermal imaging of cucumber leaves affected by downy mildew and environmental conditions. *J Exp Bot.* 57(9):2121–2132. eng. doi:10.1093/jxb/erj170.
- Olivares S. 1996. Notas de diseños experimentales con aplicación a la experimentación agrícola y pecuaria.

Anexo B

Ciclo de vida de Mildiú Polvoso



Nota. Tomada de Agrios (2005).