





Título de la obra
Enfermedades

Técnica
Ilustración digital con tableta, pincel en
textura de carboncillo

Autora
Laura Stefanny López Cortés (Sstefcore)

 @sstefcore

 Stefanny López

- Capítulo VI -

Principales enfermedades asociadas a accesiones del género *Capsicum* establecidas bajo condiciones protegidas

Nancy Yohana Grisales-Vásquez, Gleyder Yeraldin Bedoya-Vélez,
Cristian Dominguez Pulgarin, Laura Beatriz Espitia-Negrete,
Luz Fanny Orozco-Orozco

Este capítulo evalúa la expresión de síntomas asociados a microorganismos fitopatógenos en 282 accesiones del Banco de Germoplasma Vegetal de la Nación Colombiana de *Capsicum*, establecidas bajo condiciones protegidas en el C. I. La Selva de AGROSAVIA. Los síntomas de mayor frecuencia correspondieron a mildew polvoso (*Leveillula* sp.) y manchas bacterianas, siendo estas las principales limitantes sanitarias bajo las condiciones del estudio. El mildew polvoso se presentó en más de 100 accesiones en la mayoría de las evaluaciones; no obstante, 26 accesiones no mostraron síntomas y 30 registraron baja incidencia, lo que sugiere posibles fuentes de tolerancia o resistencia. Las manchas bacterianas se observaron en 155 accesiones (<50 % de la colección), y a pesar de ello, 54 acce-

siones no presentaron síntomas compatibles con este tipo de daño. Con frecuencia intermedia se registraron síntomas asociados a moho blanco (*Sclerotinia* sp.), moho gris (*Botrytis* sp.) y virosis. Por su parte, los síntomas compatibles con antracnosis (*Colletotrichum* sp.), ojo de sapo (*Cercospora* sp.) y mancha foliar por *Alternaria* sp. presentaron baja incidencia y se manifestaron en un número reducido de accesiones. Es relevante destacar que las accesiones 26 y 103 no presentaron ningún síntoma asociado a microorganismos fitopatógenos, lo que las convierte en materiales promisorios para programas de mejoramiento genético orientados a la resistencia o tolerancia a enfermedades. Sin embargo, se recomienda validar estos resultados en ambientes contrastantes.



Introducción

El término enfermedad en plantas, según Agrios (1997), se define como un desorden fisiológico que altera el funcionamiento normal de las plantas y reduce el potencial genético de producción. Esta condición es inducida por factores bióticos, como agentes patógenos (hongos, bacterias, virus, nematodos), o factores abióticos, relacionados con condiciones ambientales desfavorables.

Las enfermedades vegetales afectan el crecimiento, el desarrollo y la funcionalidad fisiológica, por lo que pueden desencadenar, en casos severos, la muerte de la planta. En los sistemas agrícolas, las consecuencias se reflejan en importantes pérdidas económicas, ya sea por la reducción en el rendimiento, en la calidad del producto o por el incremento de los costos de manejo. Estas pérdidas son más críticas en regiones tropicales, donde las condiciones ambientales constituyen un factor predisponente para la aparición y dispersión de enfermedades (Arauz Cavallini, 2011).

A nivel mundial, las enfermedades que afectan los cultivos de ají y pimentón están asociadas a oomicetos, hongos, virus y bacterias, que causan daños significativos en todos los sistemas de producción. Estas enfermedades disminuyen la calidad de los frutos y generan pérdidas económicas (Rugeles et al., 2010). Dada su relevancia, la información generada sobre su manejo es amplia y aplicable a diversas condiciones productivas, lo que permite a los agricultores adoptar

medidas preventivas y estrategias de control efectivas (Nageswararao Naik et al., 2022).

Dentro de estas estrategias, el uso de variedades resistentes se destaca como una alternativa sostenible para mitigar los efectos de estos patógenos, sin impactos negativos en el ambiente. Para el desarrollo de estas variedades, es fundamental identificar materiales con características de resistencia, como las poblaciones nativas, y comprender la herencia de esta resistencia, lo que facilita la implementación de programas de mejoramiento genético eficientes. En el caso de *Capsicum annuum*, Palma-Martínez et al. (2017) demostraron que la autofecundación de accesiones con genes de resistencia a *Phytophthora capsici* Leo. puede utilizarse para desarrollar líneas de chile resistentes a esta enfermedad.

Estas patologías representan uno de los mayores desafíos para los sistemas de producción, especialmente en el contexto actual, en el que el cambio climático ha incrementado la incidencia y la severidad de plagas y enfermedades. Además, estas son consideradas como uno de los principales factores que generan reducción del rendimiento, lo cual demanda una mayor capacidad de respuesta y de manejo oportuno del cultivo (Rugeles et al., 2010). Nageswararao Naik et al. (2022) indican que en ajís y pimentones hay cerca de 45 patologías, entre las que se encuentran: podredumbre de cuello (*Pythium* sp); phytophthora (*P. capsici*); mildew polvoso (*Leveillula taurica*); antracnosis (*Colletot-*

trichum capsici y *Colletotrichum gloeosporioides*); mancha foliar (*Cercospora capsici*); marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*); rizado de la hoja del chile (virus del rizado de la hoja del chile, género *Begomovirus* de Geminiviridae); mosaico del chile y distorsión de la hoja, causados por el virus del mosaico del pepino, y moteado leve del chile, causado por virus del mosaico del tabaco.

La expresión de dichas patologías resalta la importancia de implementar estrategias integradas de manejo, combinando medidas preventivas, monitoreo constante y el uso de tecnologías innovadoras para mitigar su impacto en el sistema productivo, con lo que se garantizan la sostenibilidad del cultivo y la seguridad alimentaria (Thangjam et al., 2020).

El manejo integrado de enfermedades (MIE) es una herramienta que plantea el empleo de distintos métodos de control para su tratamiento en los cultivos; no se limita únicamente al uso de plaguicidas, sino que además incluye otros recursos existentes en el campo, como organismos benéficos; el conocimiento de la biología del patógeno; la rotación de cultivos; las labores culturales apropiadas; biotecnologías y el uso de materiales resistentes obtenidos a partir del mejoramiento tradicional o de la ingeniería genética; la aplicación de agentes de control biológico, y el uso de sensores remotos para una vigilancia más precisa de los patógenos (Mukhtar et al., 2023).

Durante 2022 y 2023, en el C. I. La Selva de AGROSAVIA se realizó seguimiento a 282 accesiones del Banco de Germoplasma Vegetal para la Alimentación y la Agricultura de la Nación Colombiana, por su respuesta frente al inóculo natural de patógenos relacionados con el género *Capsicum*. El seguimiento fue realizado con periodicidad semanal, durante 32 semanas, mediante inspección visual, dirigida a la identificación de síntomas asociados con las limitantes fitosanitarias en las parcelas efectivas.

Se realizaron muestreos de los síntomas para la confirmación a nivel de género, por medio de microscopía óptica, en el laboratorio de fitopatología del C. I. La Selva. El material vegetal fue desinfectado según el tipo de órgano, para eliminar posibles contaminantes, y, posteriormente, se dispuso en cámaras húmedas. Luego, se realizó montaje para observación microscópica de estructuras de los hongos, para, de esta manera, y siguiendo las claves taxonómicas propuestas por Ellis (1971), Sutton (1980) y Barnett & Hunter (1998), confirmar a nivel de género el agente causal de patologías que permitiera su identificación por este método. No fue posible realizar la identificación de agentes causales de los daños asociados a bacterias, por lo cual se reportan los síntomas asociados, mas no los géneros o bacterias causales de estos.

También se llevó a cabo seguimiento de los síntomas en el tiempo, en cada una de las accesiones, para identificar en cuáles de estas se presentó menor expresión de los síntomas.





Foto: Nancy Johana Grisales-Vásquez

Entre los resultados más relevantes se identificaron síntomas compatibles con:

***Leveillula* sp. - mildew polvoso**

Este es un género ampliamente distribuido en zonas tropicales y que afecta más de 1.000 especies de plantas. Sin embargo, los hospederos más susceptibles pertenecen a la familia Solanaceae (Jiménez-Pérez et al., 2024). Puede diseminarse fácilmente por el viento, y los órganos que normalmente afecta son las hojas, aunque en ocasiones, en el cultivo de ají, según Kusch et al. (2020), se observa en flores.

Se considera una de las enfermedades más devastadoras de los ajís, tanto en campo como bajo condiciones protegidas (Karkanis et al., 2012; Jiménez-Pérez et al., 2024). Puede causar reducción del tamaño y la calidad de los frutos, así como disminución del rendimiento. Ajithkumar et al. (2014) reportan reducciones en el rendimiento hasta del 24 %. Una alta incidencia de este patógeno en las plantas causa desprendimiento de las hojas (McDougall et al., 2013; Thangjam et al., 2020).

Blázquez (1976) y Huaman et al. (2019) describen el agente causal del mildew polvoso como una masa polvosa blanquecina que puede generar clorosis en las hojas, así como caída de estas (Li et al., 2011; Hussain & Abid, 2011). Dicho polvillo se puede observar tanto en el haz como en el envés de las hojas, y corresponde a las esporas del hongo (figura 6.1).



Figura 6.1. Síntomas compatibles con mildew polvoso en accesiones de *Capsicum* spp. establecidas bajo condiciones de invernadero en el C. I. La Selva durante 2022-2023.

Fotos: Nancy Yohana Grisales-Vásquez

El control de esta enfermedad se fundamenta en el uso de fungicidas a base de azufre (Karkanis et al., 2012). Sin embargo, recientemente se reportó el uso de fungicidas a base de quitosano como una alternativa en el control de este fitopatógeno (Jiménez-Pérez et al., 2024).

La figura 6.2 muestra la expresión de estos síntomas en las accesiones evaluadas, evidenciando un

aumento en el número de accesiones afectadas a lo largo del tiempo. Esto sugiere que, a medida que las plantas se acercan a la senescencia, es posible que la expresión del patógeno se intensifique. Además, el incremento del inóculo natural, derivado del mayor número de plantas con síntomas, podría favorecer una mayor susceptibilidad. Cabe destacar que, en la mayoría de las evaluaciones, se observaron síntomas en más de 100 accesiones.



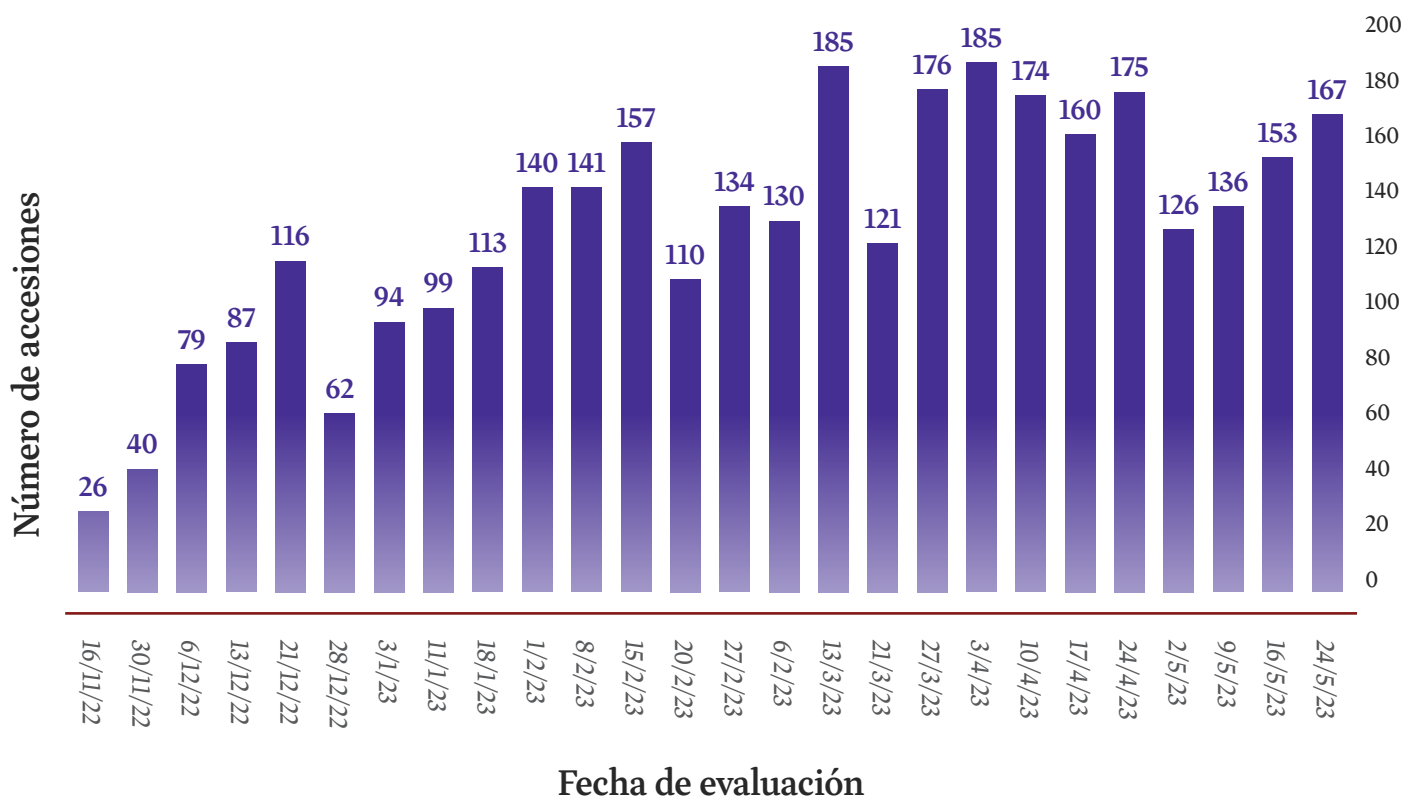


Figura 6.2. Expresión de síntomas de mildew polvoso de 26 evaluaciones en 282 accesiones del género *Capsicum* spp. bajo condiciones protegidas en el C. I. La Selva durante 2022-2023.

Fuente: Elaboración propia

Durante el periodo de evaluación, 26 accesiones no presentaron el síntoma (figura 6.3), lo que indica que, en la población de estudio, frente a condiciones de inóculo natural, es posible identificar materiales promisorios que podrían contener genes de resistencia o tolerancia a este patógeno. Adicionalmente, se observa que 30 de las accesiones presentaron síntomas compatibles con mildew polvoso,

en un máximo de 2 de las 32 evaluaciones realizadas, es decir, que estas accesiones presentaron baja incidencia del patógeno. Sin embargo, es necesario realizar estudios en diferentes ambientes, para confirmar la susceptibilidad o tolerancia de las accesiones. Adicionalmente, la figura 6.3 indica que el síntoma se mantuvo presente en 26 de las 32 evaluaciones.

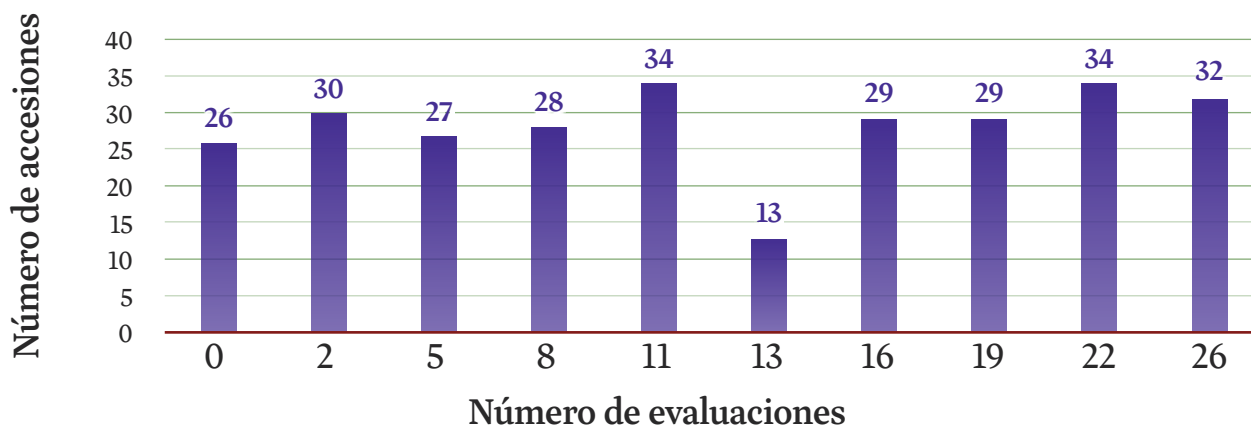


Figura 6.3. Número de accesiones por frecuencia de aparición de mildew polvoso en la colección de *Capsicum* spp. en el C. I. La Selva evaluadas bajo condiciones protegidas durante 2022-2023.

Fuente: Elaboración propia

***Sclerotinia* sp. - moho blanco**

Jeon et al. (2006) reportan la *Sclerotinia sclerotiorum* como agente causal del daño denominado moho blanco o podredumbre algodonosa en pimentón. Este patógeno afecta más de 400 especies de plantas en el mundo, y representa gran pérdida económica para los cultivos que ataca, debido a que forma unas estructuras de resistencia denominadas esclerocios, que pueden permanecer viables en el suelo sin presencia de los hospederos por largos periodos de tiempo —hasta ocho años— (Ordóñez-Valencia et al., 2018).

Los esclerocios son de fácil dispersión y las condiciones de alta humedad favorecen su geminación (McDougall et al., 2013). Han sido reportados afectando cultivos de girasol, soya, frijol, garbanzo y cebolla. En Estados Unidos se han reportado en los cultivos pérdidas superiores a USD 200 millones (Bolton et al., 2006).

El patógeno afecta principalmente los tallos de las plantas, causándoles marchitamiento al impedir la

traslocación de agua hacia los ápices. Los síntomas de este daño corresponden a necrosamiento del tejido vegetal, que inicia como una lesión oscura y puede observarse como manchas húmedas y blandas, o en forma de lesiones secas con anillos concéntricos (figura 6.4). En altas afecciones del patógeno, los tallos exhiben el micelio o moho algodonoso blanco, y se observan pequeños puntos negros, que corresponden a los esclerocios o estructuras de resistencia del hongo. Estos se desarrollan dentro del tejido vegetal y es posible que lo hagan también en los frutos, con lo que afectarán las semillas. En consecuencia, los esclerocios se convierten en una forma de dispersión del patógeno, el cual también se ha reportado afectando raíz, tallo y hojas (Jeon et al., 2006). El moho blanco es necrotrofo, lo que indica que induce procesos de muerte celular de los hospederos. Es decir que una vez ataca las plantas, las células afectadas mueren, con lo que se genera daño en todo el tejido vegetal (Bolton et al., 2006).



Figura 6.4. Síntomas de daño que corresponden a necrosamiento del tejido vegetal. a. Anillos concéntricos, síntoma compatible con moho blanco; b. y c. Vista de micelio y esclerocios en estereoscopio, en accesiones de *Capsicum* spp. establecidas bajo condiciones de invernadero en el C. I. La Selva durante 2022-2023.

Fotos: Nancy Yohana Grisales-Vásquez y Gleyder Yeraldín Bedoya-Vélez

El control de enfermedades causadas por este patógeno es especialmente complejo, debido a las estructuras de resistencia y a su potencial reproductivo. Además, se ve favorecido por condiciones de alta humedad y temperaturas entre los 15 y 25 °C (McDougall et al., 2013).

Por estas razones, las alternativas para combatir el patógeno se centran en uso de variedades resistentes y en adecuadas distancias de siembra que permitan aireación en los cultivos. Se ha reportado que el uso de *Trichoderma harzianum* puede reducir la capacidad infectiva y el potencial del inócu-

lo (Bae & Knudsen, 2007). Ordóñez-Valencia et al. (2018) reportan, entre las alternativas de manejo, el uso de bicarbonato de potasio como una estrategia de manejo alternativo. Finalmente, los fungicidas sintéticos en rotación evitan el desarrollo de resistencia del patógeno (Bolton et al., 2006).

En la figura 6.5 se observa que durante el ciclo del cultivo se presentaron diferencias en la expresión del síntoma. En la evaluación de abril de 2023 se observó mayor cantidad de accesiones (36) con síntomas del daño compatible con moho blanco.

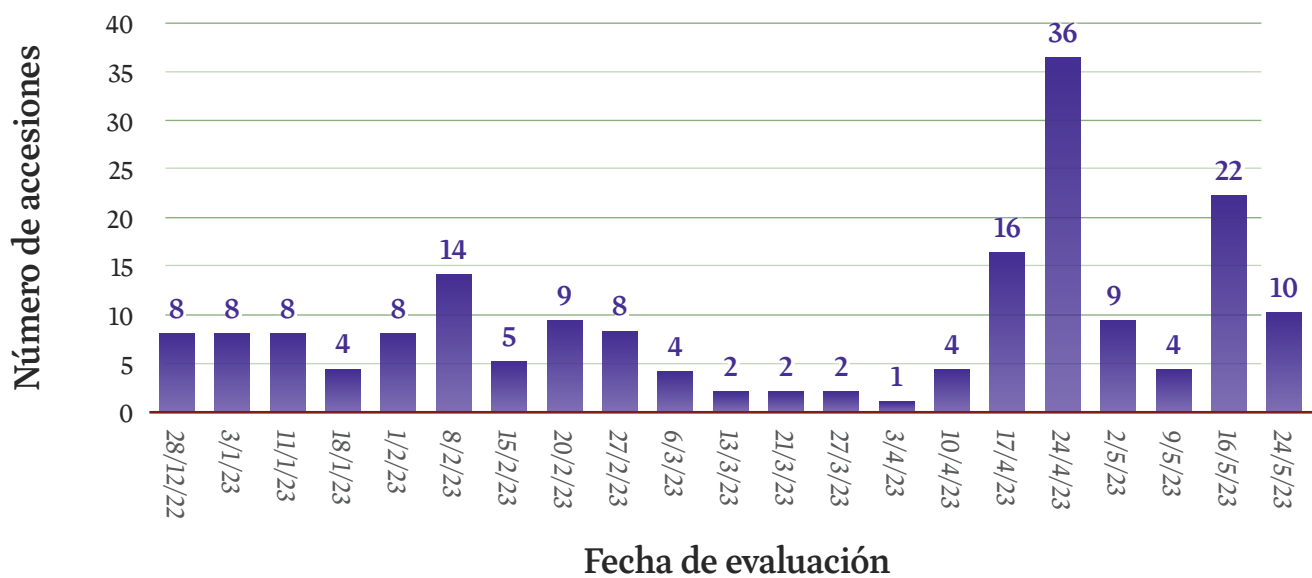


Figura 6.5. Expresión de síntomas de moho blanco a través de 32 evaluaciones en 282 accesiones del género *Capsicum* spp. bajo condiciones protegidas en el C. I. La Selva durante 2022-2023.

Fuente: Elaboración propia

Durante el estudio se encontró que 176 accesiones no presentaron síntomas del patógeno en ninguna de las observaciones realizadas (figura 6.6), mientras que la mayor frecuencia de observación se presentó en dos de las accesiones, de manera que se apreciaron síntomas en 6 de las 32 evaluaciones realizadas. Es de tener en cuenta que el manejo de esta enferme-

dad correspondió a eliminación de tejido vegetal afectado, lo que posiblemente restringió la propagación de los síntomas. Por esta razón se propone evaluar en ambientes diferentes y contrastantes las accesiones que no presentaron síntomas, con el fin de confirmar la presencia de genes que codifiquen la respuesta de resistencia de las plantas al patógeno.

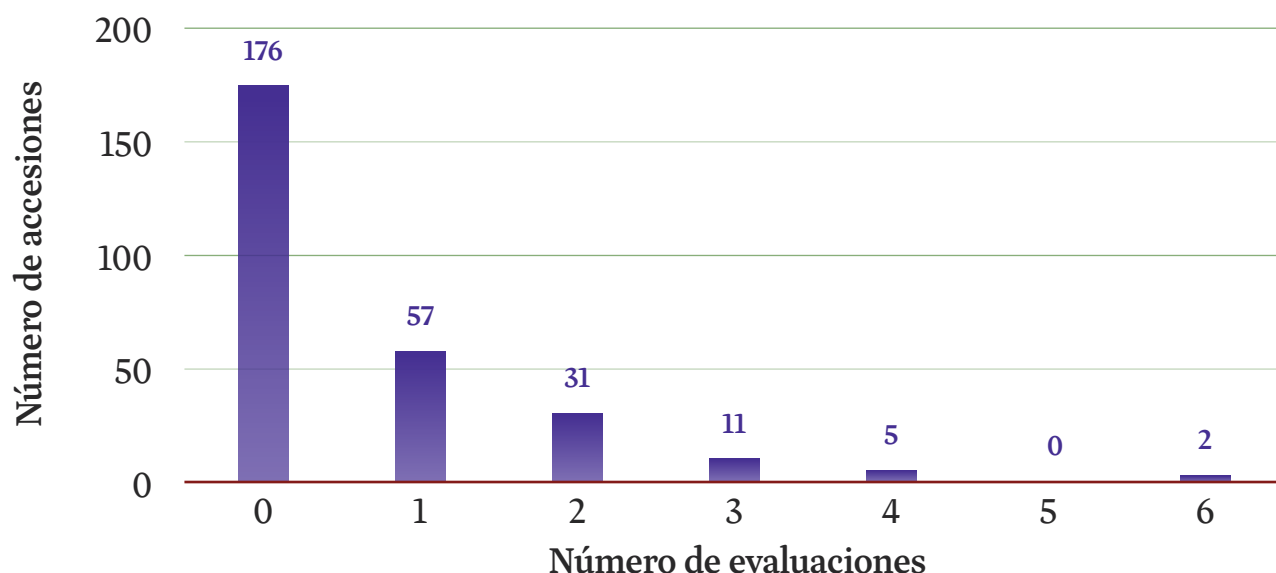


Figura 6.6. Número de accesiones por frecuencia de aparición de moho blanco en la colección de *Capsicum* spp. en el C. I. La Selva evaluadas bajo condiciones protegidas durante 2022-2023.

Fuente: Elaboración propia

***Botrytis* sp. - moho gris**

El moho gris causado por *Botrytis cinerea* es un hongo de distribución mundial; se ha reportado afectando más de 200 especies de plantas cultivadas, sean ornamentales, frutales u hortalizas, entre ellas el género *Capsicum* (Polat et al., 2018; Wang et al., 2022). Su incidencia aumenta en lugares con alta humedad relativa y causa la denominada podredumbre en poscosecha (Kamara et al., 2016).

Este es considerado el patógeno más importante en lo relativo a la descomposición poscosecha de frutas y verduras frescas, y ocupa el segundo lugar entre los diez patógenos de mayor importancia económica en el mundo. Se transmite en campo y permanece laten-

te hasta que el fruto alcanza su madurez (Romanazzi & Feliziani, 2014). Según Tamayo y Jaramillo (2006), en Colombia puede causar daños significativos en los cultivos de pimentón y jalapeño.

Los síntomas se observan en flores, tallos y frutos, e inician con pequeñas lesiones de color marrón amarillento claro, que aumentan de tamaño y se tornan en manchas de color gris. Este patógeno se presenta principalmente sobre los frutos, al desarrollar una podredumbre acuosa en la superficie (figura 6.7). Internamente, se observa crecimiento micelial gris con conidios (Tamayo & Jaramillo, 2006); también afecta pecíolos y ápices de hojas, y produce lesiones de color café.



Figura 6.7. Síntoma compatible con moho gris en accesiones de *Capsicum* spp. establecidas bajo condiciones de invernadero en el C. I. La Selva durante 2022-2023.

Foto: Nancy Yohana Grisales-Vásquez

El moho gris cuenta con gran habilidad para desarrollar infecciones en condiciones de alta humedad y bajas temperaturas —propias del almacenamiento—; además, se desarrolla con mayor facilidad en frutos maduros o senescentes, lo cual, sumado a la diversidad de hospederos, dificulta su control.

El manejo de este patógeno se ha fundamentado en el uso de fungicidas químicos en la fase pre-secha, a fin de reducir el inóculo (Droby & Lichter, 2007), lo que implica el conocido efecto negativo sobre el ambiente y, principalmente, en la salud humana (Polat et al., 2018; Wang et al., 2022).

A la fecha del estudio no se tenían cultivares con resistencia al moho gris (Kamara et al., 2016), razón por la cual se ha venido trabajando en identificar alternativas de control, entre las que se encuentran inductores de resistencia, como el dehidroacetato sódico y el trans-2-hexenal, ambos con buenos resultados en el control de este patógeno (Wang et al., 2022).

En los resultados encontrados se reporta que los síntomas compatibles con el moho gris se presentaron con mayor incidencia en abril de 2023, cuando se observaron 51 accesiones con el

síntoma (figura 6.8). El patógeno no se observó en 148 de las accesiones (figura 6.9), mientras que la mayor frecuencia de aparición fue en la accesión 116, durante 9 de las 32 observaciones, lo que indica que posiblemente esta sea una de las accesiones de mayor susceptibilidad al patógeno bajo las condiciones del estudio. En segundo lugar de ocurrencia del síntoma se encuentran las accesiones 30, 41, 76, 134, 149, 150 y 185, en las que fue percibido en 4 de las 32 observaciones. Estos resultados indican que bajo las condiciones del estudio el patógeno no fue limitante para el cultivo.

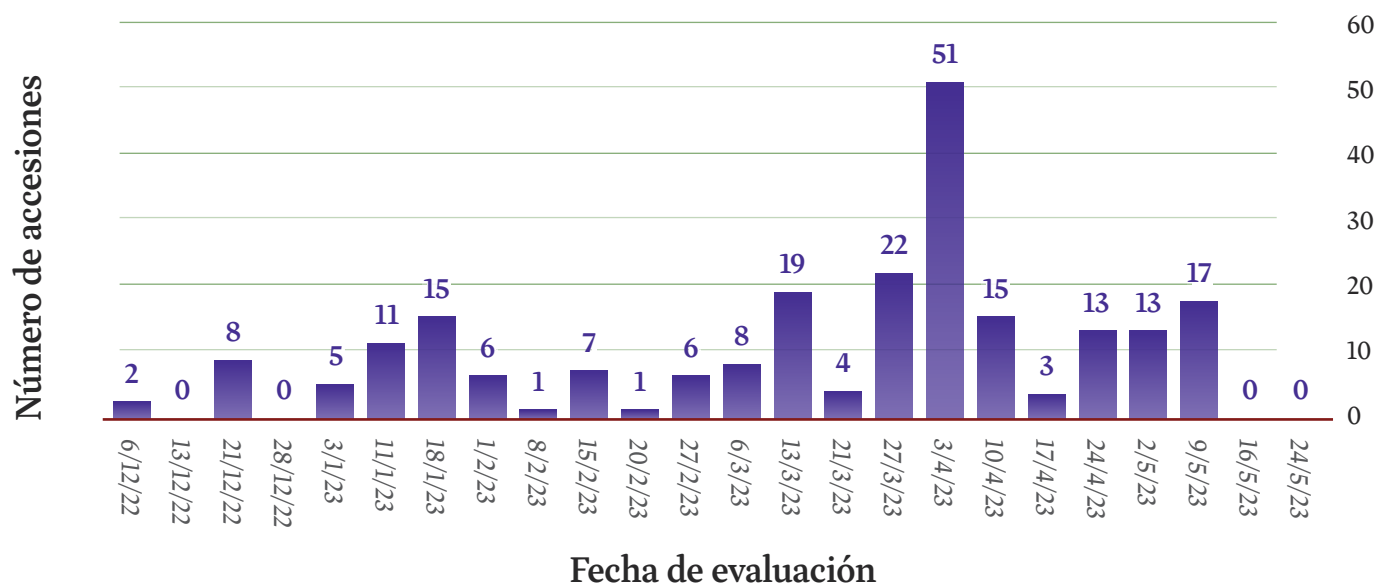


Figura 6.8. Expresión de síntomas de moho gris a través de 32 evaluaciones en 282 accesiones del género *Capsicum* bajo condiciones protegidas en el C. I. La Selva durante 2022-2023.

Fuente: Elaboración propia

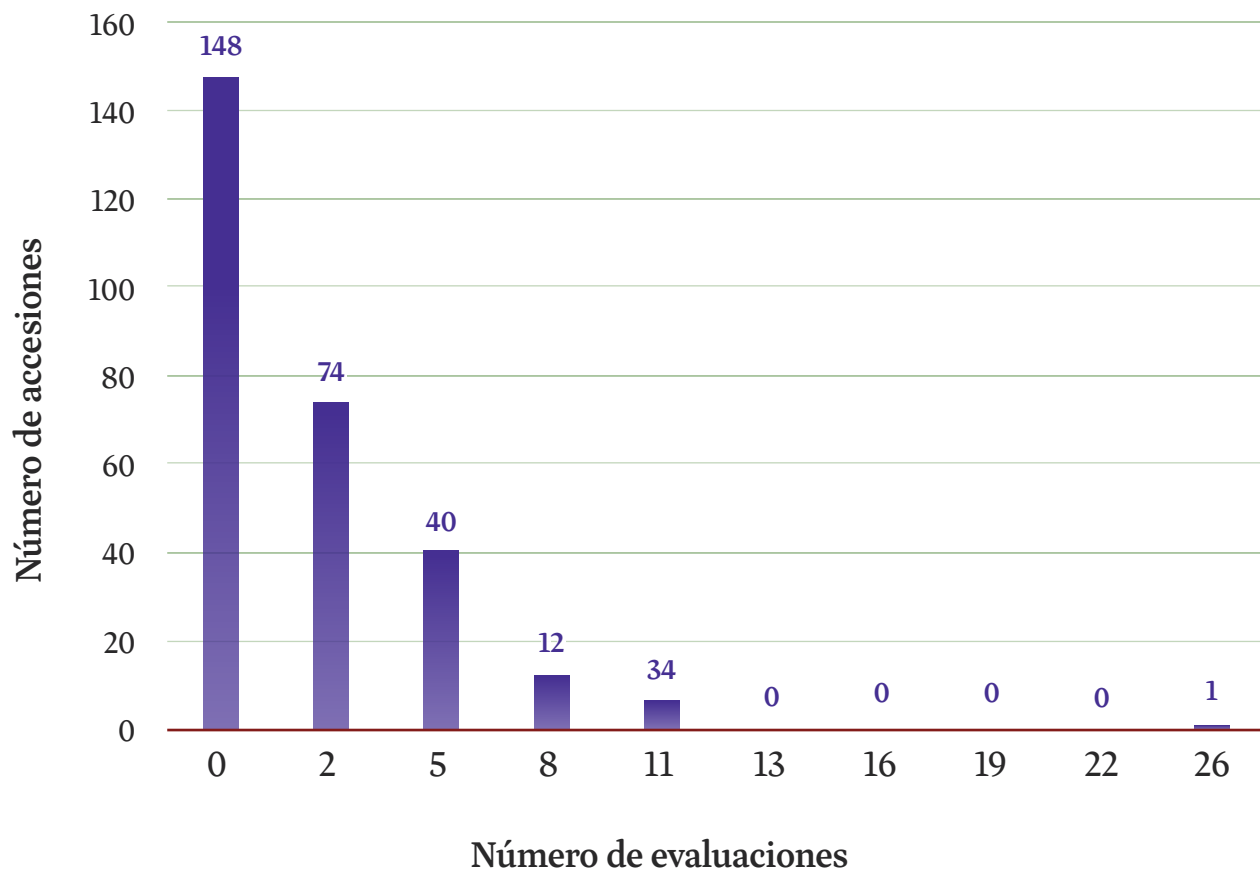


Figura 6.9. Número de accesiones por frecuencia de aparición de moho gris en la colección de *Capsicum* en el C. I. La Selva evaluadas bajo condiciones protegidas durante 2022-2023.

Fuente: Elaboración propia

***Colletotrichum* sp. - antracnosis**

Conocida como antracnosis, esta enfermedad se presenta principalmente en condiciones de verano, infectando flores, hojas, ramas y frutos en campo, aunque puede ser problemática también en frutos cosechados; es causada por

diferentes especies de hongos del género *Colletotrichum*. El patógeno es diseminado fácilmente por el viento y la salpicadura de agua, así como mediante semilla infectada (Asalmol et al., 2001; Tamayo & Jaramillo, 2006).



La antracnosis del fruto es una enfermedad frecuente a nivel mundial en cultivos del género *Capsicum*, como pimentón, ají rocoto y ají jalapeño; es una de las mayores limitantes del cultivo y la producción de semillas en las principales regiones productoras de chile de la India (Ajithkumar et al., 2014).

Esta enfermedad causa reducción de la producción y de la calidad de los frutos. El patógeno se mantiene en restos de cultivos, y se ve favorecido por presencia de lluvias y humedad ambiental cercana al 80 % (Oo & Oh, 2016); la temperatura óptima para su desarrollo se encuentra entre 15 y 20 °C (Tamayo & Jaramillo 2006). Según Kiran et al. (2020), la enfermedad puede causar pérdidas del rendimiento entre el 20 y el 80 % de la producción a nivel mundial, y la reportan como la más común y devastadora en la India.

La infección suele iniciar cuando el cultivo está en floración. En esta etapa produce aborto de flores —estas se secan y caen— (Thangjam et al., 2020). En ramas parcialmente afectadas es posible que se presenten frutos pequeños y de mala calidad. En afecciones severas se presenta secamiento, marchitamiento y la posterior muerte de la rama. En frutos y hojas, la infección se caracteriza por generar lesiones negras, hundidas y redondas o angulares, en ocasiones con anillos concéntricos y húmedos, que eventualmente producen masas de color salmón, lo que corresponde a la esporulación del hongo. Bajo condiciones

de alta humedad las manchas pueden fusionarse (Moe & Sang-Keun, 2016).

Entre las estrategias de manejo se recomienda usar cultivares resistentes al patógeno —pero en Colombia no se cuenta con cultivares resistentes— y establecer semilleros a partir de semilla sana, que no provenga de plantaciones que hayan presentado afectaciones de este patógeno. También se indica mantener una adecuada aireación del cultivo, con distancias de siembra que permitan el flujo de aire entre las plantas; rotar el cultivo con sistemas productivos que no sean hospederos del patógeno; remover restos de cosecha, y, finalmente, realizar manejo químico, teniendo presente una rotación adecuada de productos a base de azufre y cobre.

Ajithkumar et al. (2014) y Moe y Sang-Keun (2016) indican que la mezcla de los ingredientes activos azoxystrobin + mancozeb presenta un efecto positivo en el control de la antracnosis. Kiran et al. (2020) indican que es posible controlar el patógeno con agentes de biocontrol y extracto de plantas; además, señalan que las adecuadas labores de cultivo permiten reducir la tasa de infección y minimizar la presión del inóculo.

En la figura 6.10 es posible apreciar que la mayoría de las accesiones no presentó síntomas de daño por este patógeno y que 15 de ellas mostraron síntomas en solo una de las evaluaciones realizadas. Según se presenta en la figura 6.11, la expresión de los síntomas se observó en solo una fecha de marzo de 2023.

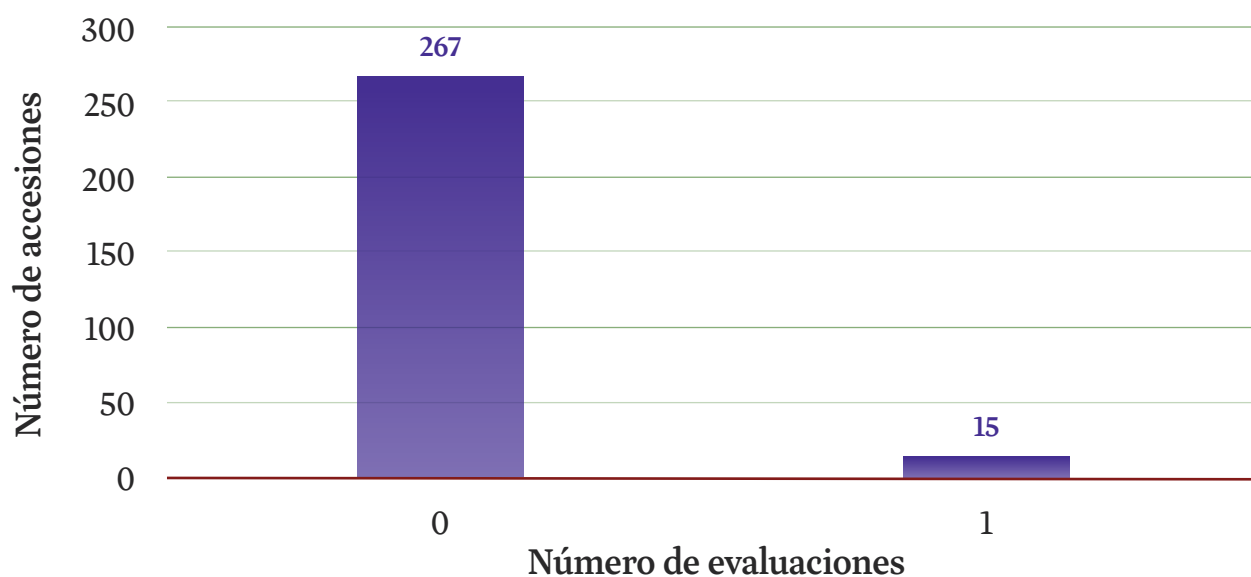


Figura 6.10. Número de accesiones por frecuencia de aparición compatibles con antracnosis en la colección de *Capsicum* spp. en el C. I. La Selva evaluadas bajo condiciones protegidas durante 2022-2023.

Fuente: Elaboración propia

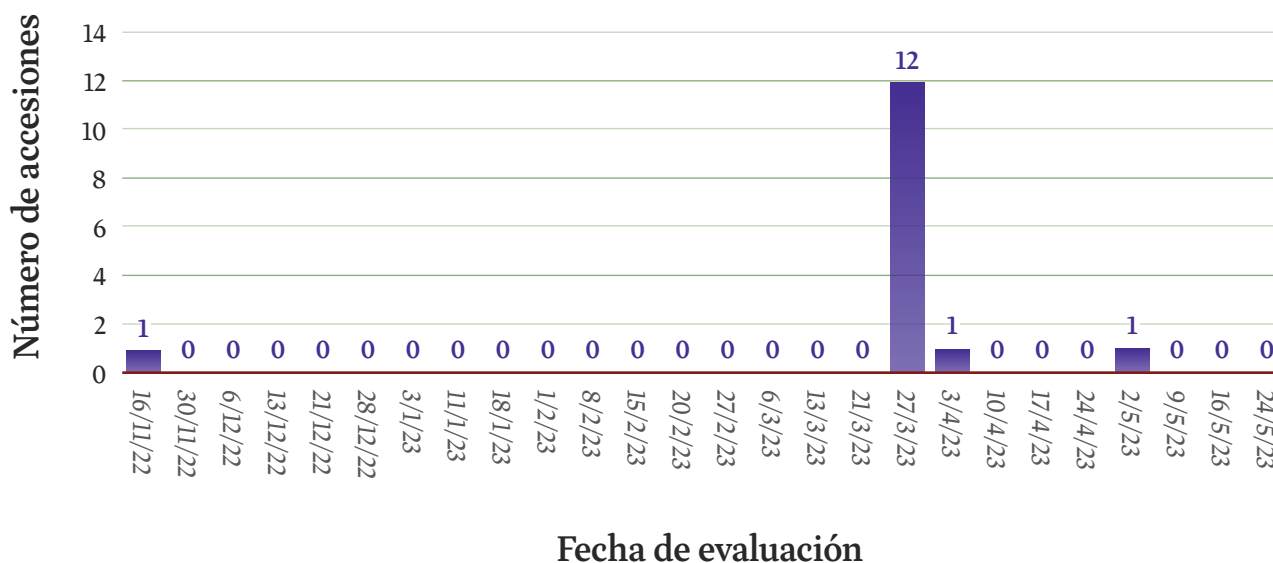


Figura 6.11. Expresión de síntomas compatibles con antracnosis a través de 32 evaluaciones en 282 accesiones del género *Capsicum* bajo condiciones protegidas en el C. I. La Selva durante 2022-2023.

Fuente: Elaboración propia



***Cercospora* sp. - ojo de sapo**

La enfermedad es conocida, entre otros nombres, como ojo de sapo. Las estructuras del hongo permanecen en las semillas y en restos de cultivo; pueden propagarse en las herramientas, por el viento y por la lluvia, al entrar en contacto con las hojas (Ajithkumar et al., 2014; Salam et al., 2022).

Esta enfermedad se ve favorecida por temperaturas entre 20 y 30 °C, humedad relativa por encima del 90 % (Salam et al., 2022) y condiciones de estrés nutricional de la planta, mientras que su actividad se ve desfavorecida por temperaturas inferiores a 10 °C y superiores a 40 °C. Además de infectar hojas, puede afectar tallos, pecíolos y pedúnculos (Lopes & Henz, 2008).

La infección en la planta inicia por las hojas inferiores y avanza de forma ascendente hasta llegar a

las hojas nuevas, con lo cual interrumpe el proceso de fotosíntesis. Cuando la enfermedad es severa, las hojas se tornan de color amarillo y se produce defoliación que genera fruta pequeña y con forma irregular (Thangjam et al., 2020; Rosa, 2005).

Los síntomas aparecen principalmente en el follaje. Al principio, se observan pequeñas manchas circulares marrón-rojizas, que por lo general se aprecian tanto por el haz como por el envés de la hoja. Allí se presentan en forma de pequeños círculos con márgenes de color marrón oscuro y centro de color gris claro ceniciento, y un halo clorótico. Estas lesiones pueden aumentar de tamaño y en ocasiones fusionarse con otras. En daños muy avanzados, el centro de la mancha necrótica puede desprenderse y dejar un aspecto de agujeros en el tejido (figura 6.12).



Figura 6.12. Síntomas compatibles con el daño denominado ojo de sapo en accesiones de *Capsicum* spp. establecidas bajo condiciones de invernadero en el C. I. La Selva durante 2022-2023.

Foto: Nancy Yohana Grisales-Vásquez

En los tallos, la enfermedad se presenta como manchas de centro gris claro con bordes oscuros, normalmente de forma elíptica. Las hojas más viejas se pueden caer prematuramente por la infección, lo cual afecta el rendimiento del cultivo (Salam et al., 2022).

Entre las estrategias de manejo se propone el uso de semilla que provenga de cultivos sanos; además, se deben eliminar los residuos de cosecha. Entre los ingredientes activos recomendados para el manejo de este patógeno se encuentran: mancozeb, chlorothalonil y triadimefon (Thangjam et al., 2020). Salam et al. (2022) reportan que el uso de extractos

vegetales como ajo, jengibre y neem presenta resultados prometedores en el control del patógeno.

Al igual que el síntoma compatible con alternaria, la frecuencia de aparición del síntoma denominado ojo de sapo fue baja: 263 accesiones no presentaron síntomas de dicho patógeno bajo las condiciones del estudio (figura 6.13). De las accesiones, 17 presentaron síntomas en solo una de las evaluaciones realizadas, mientras que 2 presentaron síntomas en 3 de las evaluaciones. Según se presenta en la figura 6.14, la mayoría de las accesiones presentaron síntomas a final del ciclo del cultivo.

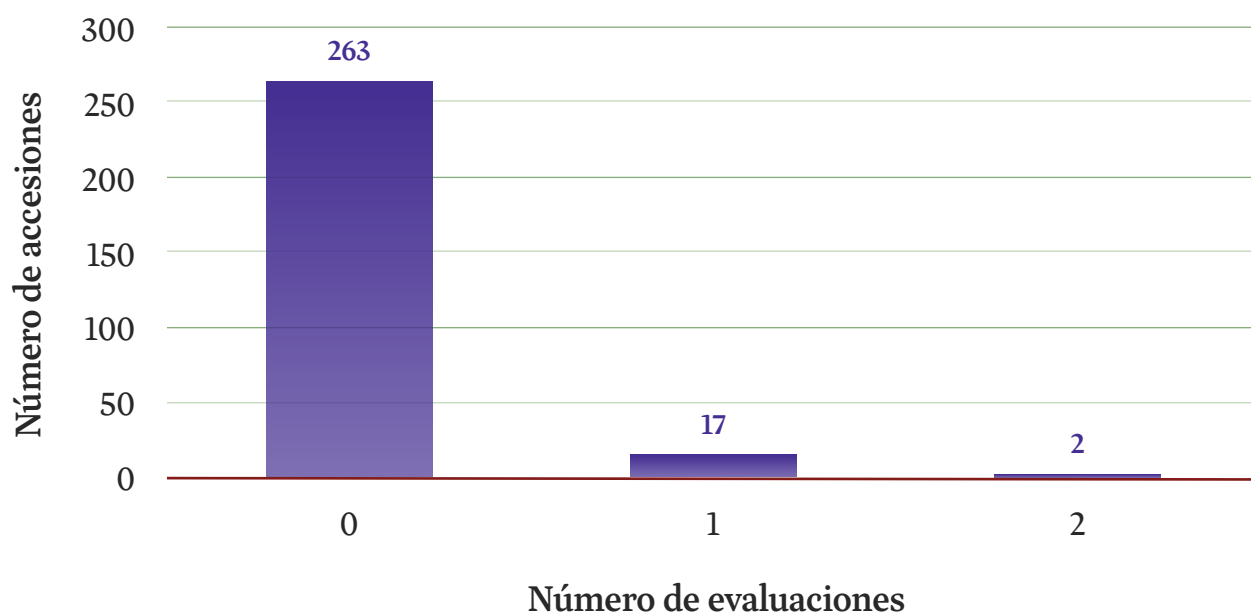


Figura 6.13. Número de accesiones por frecuencia de aparición del síntoma denominado ojo de sapo en la colección de *Capsicum* spp. en el C. I. La Selva evaluadas bajo condiciones protegidas durante 2022-2023.

Fuente: Elaboración propia



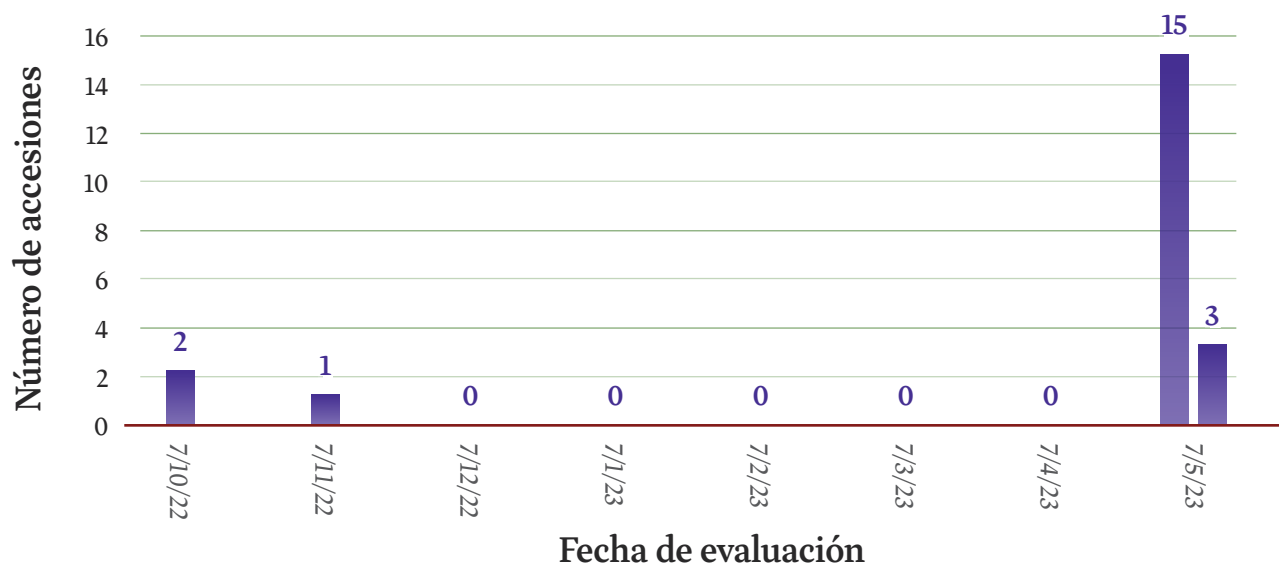


Figura 6.14. Expresión de síntomas del daño denominado ojo de sapo a través de 32 evaluaciones en 282 accesiones del género *Capsicum* bajo condiciones protegidas en el C. I. La Selva durante 2022-2023.

Fuente: Elaboración propia

***Alternaria* sp. - mancha foliar por alternaria**

El daño conocido como mancha foliar, causado por el género *Alternaria*, se ha observado en los cultivos de *Capsicum*. Este patógeno se aloja en la parte aérea de las plantas y se disemina a través de las semillas, el aire y el agua. Si el cultivo se propaga a partir de semilla infectada, es posible que el síntoma se exprese desde la etapa de vivero. Este patógeno se aloja en restos de plantas en campo y requiere de temperaturas entre 25 y 28 °C, así como de humedad ambiental alta, por lo que las condiciones de agua libre sobre el tejido vegetal favorecen el desarrollo de la enfermedad (Khalid, 2021). Tamayo & Jaramillo (2006) reportan a *Alternaria solani* como agente causal de este daño.

Los síntomas asociados a este patógeno corresponden a manchas oscuras irregulares o circulares, con anillos o zonas concéntricas, de apariencia negra afelpada en el centro, que presentan un borde externo definido color café claro. En condiciones de humedad relativa alta, avanzan rápidamente, de manera que ocasionan una pudrición blanda al tacto que termina en pudriciones secas. El patógeno ingresa al hospedero a través de los estomas o heridas (McDougall et al., 2013).

Entre las estrategias de control del patógeno se deben considerar las adecuadas distancias de siembra, la eliminación de restos de cosecha o de podas del

cultivo, así como de los hospederos alternos. En diversos estudios se ha reportado el control de este patógeno mediante el uso de *T. harzianum* en condiciones de laboratorio, y con la implementación de casa de malla (Khalid, 2021).

Por otro lado, Devappa & Thejakumar (2016) reportaron que la mezcla de Tilt con extracto de eucalipto y *Pseudomonas fluorescens* tiene efectos positivos en el control de la enfermedad, sin embargo, estudios como el mencionado deben avanzar a su etapa de campo para concluir si el biocontrol resulta ser eficiente contra el patógeno. Otra alternativa es el tratamiento con productos de síntesis química con

ingredientes activos, como clorotalonil, captan, fludioxonil, imazalil, iprodiona, maneb, mancozeb, tiram y cobre, que resultan efectivos en el control de esta enfermedad (Khalid et al., 2021).

En la figura 6.15 se observa que 158 del total de las accesiones evaluadas no presentaron síntomas durante todo el periodo de evaluación, la mayor frecuencia de aparición de estos fue en 2 accesiones (156 y 246), en las que se presentaron en 4 de las 32 evaluaciones realizadas. En la figura 6.16 se puede ver que en el mes de abril de 2023 se da un pico de incidencia, ya que 108 accesiones fueron reportadas con presencia de este síntoma.

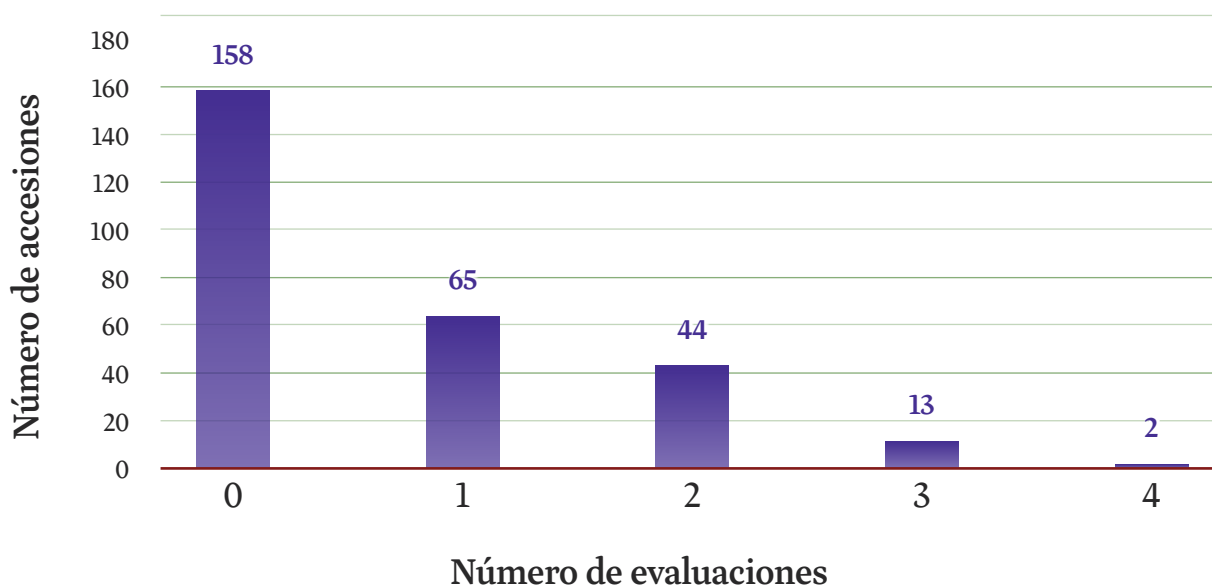


Figura 6.15. Número de accesiones por frecuencia de aparición del síntoma denominado mancha foliar por alternaria en la colección de *Capsicum* spp. en el C. I. La Selva evaluadas bajo condiciones protegidas durante 2022-2023.

Fuente: Elaboración propia



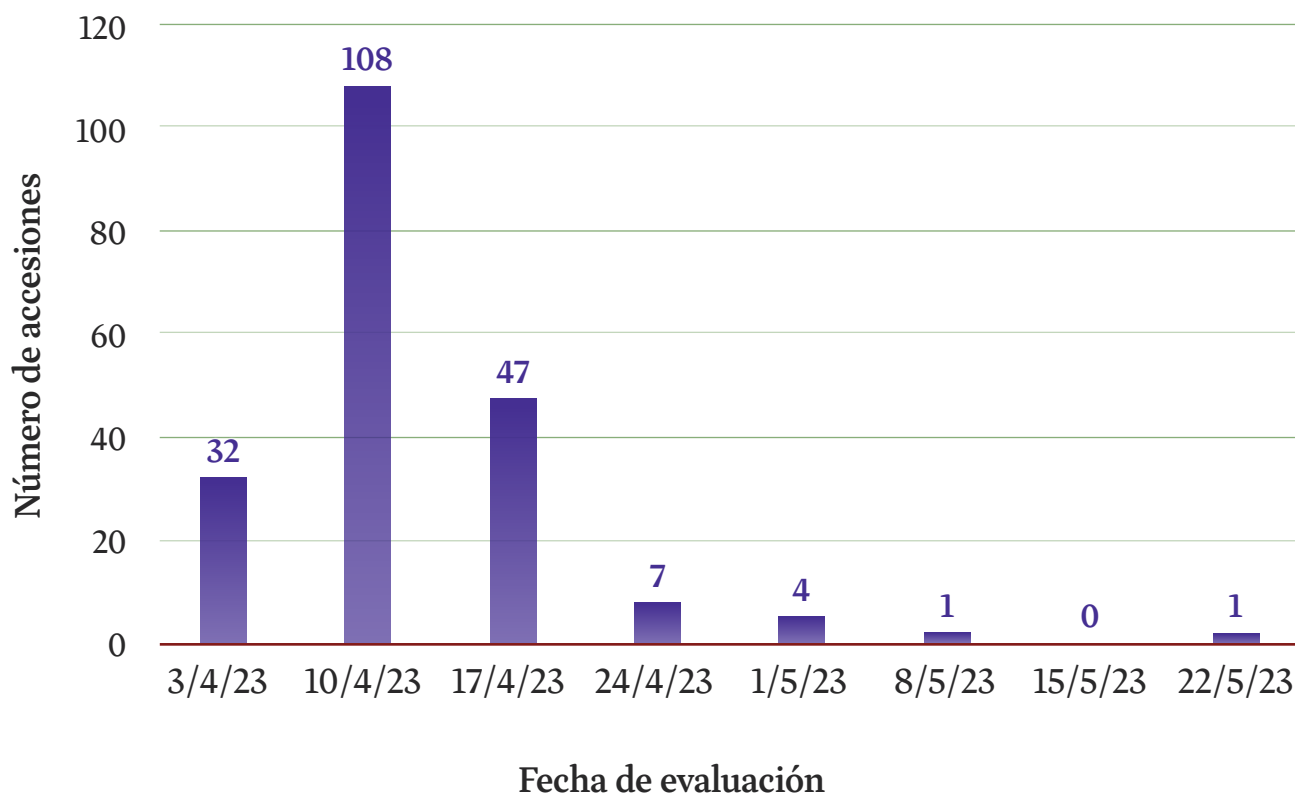


Figura 6.16. Expresión de síntomas del daño denominado mancha foliar por alternaria a través de 32 evaluaciones en 282 accesiones del género *Capsicum* bajo condiciones protegidas en el C. I. La Selva durante 2022-2023.

Fuente: Elaboración propia

Virus

Los síntomas asociados a este grupo de fitopatógenos incluyen: enrollamientos, mosaicos, bronceado de las hojas y rayados. Entre la colección de *Capsicum* evaluada bajo condiciones protegidas en el C. I. La Selva, los más comúnmente observados correspondieron a mosaicos, por lo general aso-

ciados al virus del moteado del tomate (TSWV, por su sigla en inglés) (figura 6.17). En esta sección se hace una descripción de los principales síntomas asociados a enfermedades causadas por patógenos de origen viral y se presenta la expresión de dichos síntomas en 284 accesiones de *Capsicum* sp.

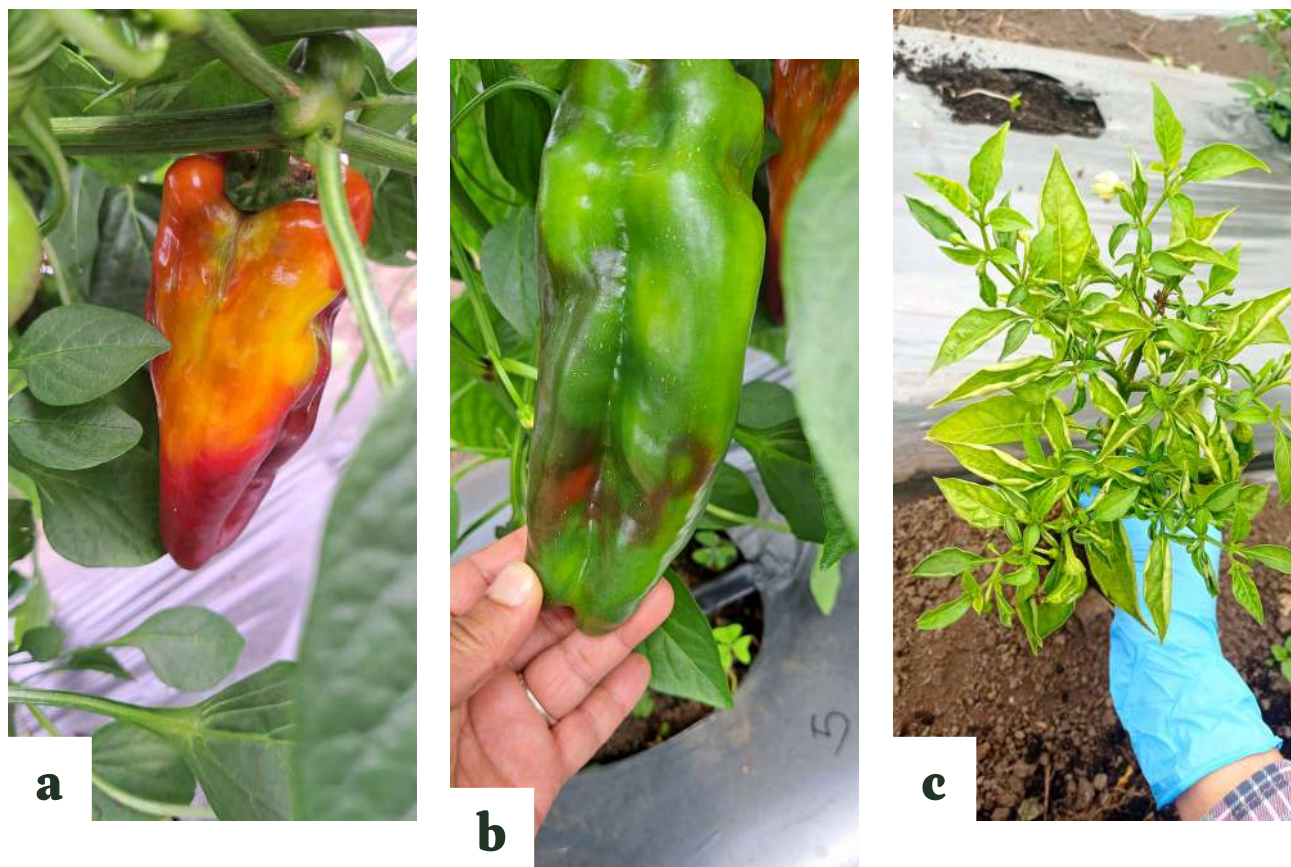


Figura 6.17. Daños por virus en accesiones de *Capsicum* spp. establecidas bajo condiciones protegidas en el C. I. La Selva durante 2022-2023. a y b. Daño del moteado, compatible con el virus TSWV; c. Síntomas compatibles con enrollamiento de hojas.

Fotos: Nancy Yohana Grisales-Vásquez y Gleyder Yeraldín Bedoya-Vélez

Enrollamiento de las hojas

Entre los principales fitopatógenos que causan este tipo de síntomas se encuentran los comprendidos en el género *Begomovirus*, denominados *tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV) y *tomato leaf curl virus* (ToLCV). Su alta incidencia en las zonas tropicales y subtropicales los han convertido en uno de los grupos de virus de interés, ya que pueden limitar sensiblemente la producción de hortalizas. Además, han sido reportados recientemente en Colombia, en donde afectan los cultivos comerciales de ají (Vaca-Vaca et al., 2019). Estos virus son trans-

mitidos por la mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*) y pueden causar pérdidas hasta del 53 % de la producción o más.

Los síntomas característicos que producen son enrollamiento y amarillamiento de las hojas, y un severo retraso en el crecimiento de las plantas. Las hojas presentan agrupamiento y márgenes curvados hacia arriba (McDougall et al., 2013); pueden presentar clorosis intervenal y generalizada, acortamiento de entrenudos, deformación de frutos y enanismo (Vaca-Vaca et al., 2019).



Foto: Yeraldin Bedoya Vélez

Mosaicos

Incluyen el *tobacco mosaic virus* (TMV), el *cucumber mosaic virus* (CMV) y el *alfalfa mosaic virus* (AMV), que son transmitidos principalmente por mosca blanca y áfidos. Estos virus producen manchas de color verde claro u oscuro en las hojas. El amarillamiento y los anillos cloróticos aparecen por lo general en los frutos y hojas de las plantas afectadas. Estos síntomas normalmente son acompañados con retraso del crecimiento en las primeras etapas. En ajís y pimentones también se presentan los virus pertenecientes al género *Cucumovirus*. Los

síntomas aparecen alrededor de 10 días después de la infección, y se manifiestan como mosaicos o patrones moteados en las hojas; los frutos también pueden mostrar deformación con manchas anulares o manchas amarillas. Se transmiten por áfidos, semillas infectadas y daño mecánico (McDougall et al., 2013). Estas enfermedades se documentaron recientemente afectando cultivos de ají en Colombia, donde también se reportó que pueden ser transmitidas por la especie *Aphis gossypii* (Rivera-Toro et al., 2020).

Bronceados

En este grupo está el *tomato torrado virus* (ToTV), causado por *Torradovirus*. Los síntomas iniciales son pequeñas manchas color café; las hojas nuevas pueden tener un área amarilla en la base. Cuando la planta está muy afectada, se torna a color café y las hojas mueren. Este virus es transmitido por mosca blanca (*T. vaporariorum* y *Bemisia tabaci*).

Entre los bronceados se encuentra así mismo el TSWV, causado por *Tospovirus*. Los síntomas son bronceado de las hojas, manchas o anillos bronceados entre las venas y manchas circulares en los frutos; dichos síntomas aparecen de 7 a 20 días después de la infección. El virus es transmitido

por *Thrips tabaci*, *Thrips palmi*, *Frankliniella occidentalis*, *Frankliniella schultzei* y *Scirtothrips dorsalis* (McDougall et al., 2013).

En la colección de ajís y pimentones establecida bajo condiciones protegidas en el C. I. La Selva, se observaron diversos síntomas compatibles con este tipo de daños. En la figura 6.18 se observa que estos fueron más comunes en febrero de 2023, alcanzando a observarse 18 accesiones afectadas. Las plantas en cuestión fueron eliminadas con la finalidad de evitar la propagación, razón por la cual este síntoma no fue observado en las evaluaciones subsecuentes.



Foto: Nancy Johanna Grisales-Vásquez

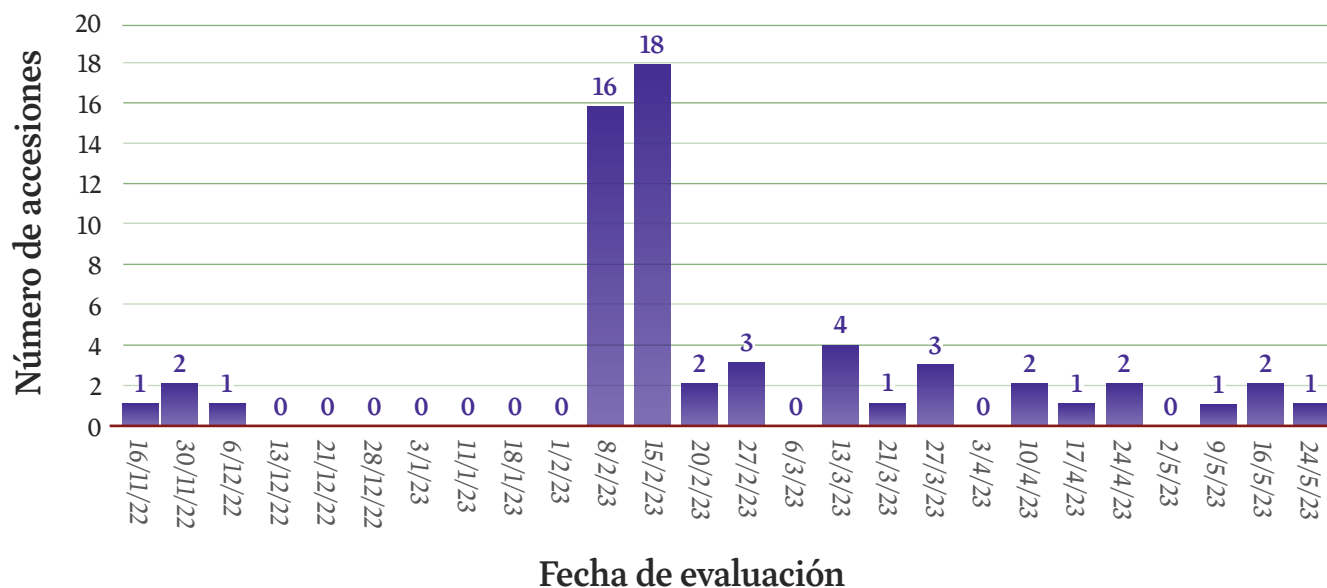


Figura 6.18. Expresión de síntomas de virus a través de 32 evaluaciones en 282 accesiones del género *Capsicum* bajo condiciones protegidas en el C. I. La Selva durante 2022-2023.

Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, en la figura 6.19 se observa que 244 de las accesiones no presentaron síntomas compatibles con el daño asociado a microorganismos de origen viral, 24 de las accesiones los mostraron en una de

las evaluaciones, mientras que la mayor frecuencia de aparición fue en 4 de las evaluaciones, donde se reportaron 2 accesiones con síntomas de afectación por microorganismos de origen viral.

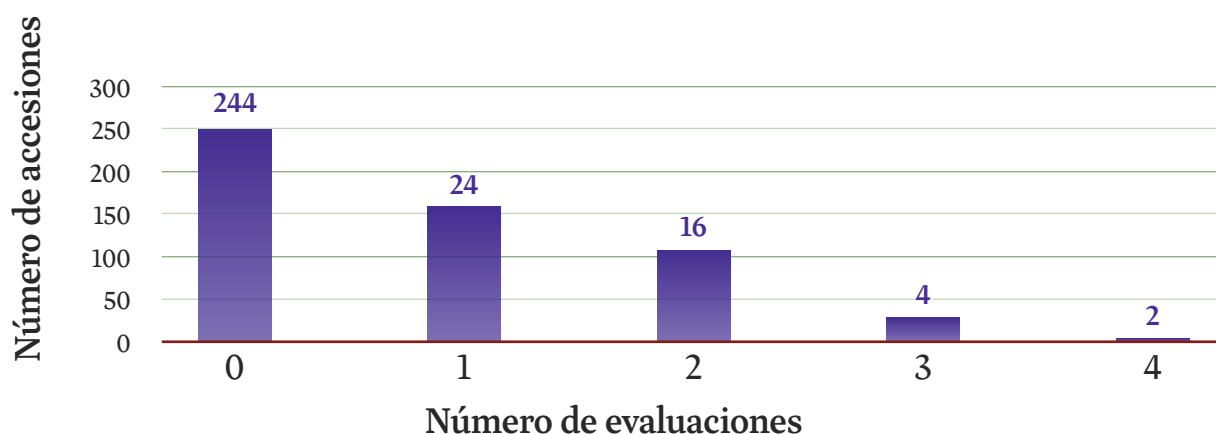


Figura 6.19. Número de accesiones por frecuencia de aparición de síntomas compatibles con infecciones virales en la colección de *Capsicum* spp. en el C. I. La Selva evaluadas bajo condiciones protegidas durante 2022-2023.

Fuente: Elaboración propia



Foto: Nancy Johana Grisales-Vásquez

Manchas bacterianas

En *Capsicum* son diversos los síntomas y los daños de origen bacteriano que se reportan a nivel mundial. En este apartado se realiza una descripción de algunos de sus principales agentes causales; sin embargo, es de resaltar que en el trabajo de investigación se reportan los daños asociados a este grupo de patógenos, mas no se hace una identificación a nivel de laboratorio.

Los daños observados bajo condiciones protegidas en la colección de *Capsicum* son diversos. Entre ellos se encontraron: pudriciones de ápices (figura 6.20a), machas aceitosas con halos oscuros (figura 6.20b), lesiones acuosas con halos cloróticos y marchitamiento generalizado de la planta. Estos daños fueron aislados en laboratorio, donde se confirmaron como agente causal los patógenos de origen bacteriano, sin embargo, no fueron identificados.





a



b

Figura 6.20. Daños asociados a bacterias en accesiones de *Capsicum* spp. establecidas bajo condiciones protegidas en el C. I. La Selva durante 2022-2023.

Fotos: Nancy Yohana Grisales-Vásquez

Mancha bacteriana (*Xanthomonas* spp.)

Los síntomas de la enfermedad se presentan principalmente en plantas adultas. En las hojas viejas aparecen lesiones irregulares en forma de pudriciones acuosas de color verde oscuro a negro. En condiciones de humedad relativa y temperaturas altas, las hojas enfermas eventualmente se vuelven amarillentas y empiezan a caer (Lopes & Henz, 2008).

En frutos se puede observar el crecimiento protuberante de puntos negros encerrados por un halo de apariencia acuosa. Cuando la enfermedad avanza, las lesiones crecen hasta formar pústulas; estas se

tornan de color marrón y eventualmente negro, con textura áspera. Por último, las lesiones se agrietan y el centro adquiere color gris (Rosa, 2005).

El patógeno ingresa a la planta a través de heridas ocasionadas por insectos, el viento o por aberturas naturales, como estomas, hidatodos y lenticelas. Aunque la infección es predominante en épocas de lluvia, debido a salpicaduras, calor acentuado o ventiscas, el rocío de la mañana es suficiente para que el proceso de infección se vea favorecido (Rosa, 2005).

Marchitez bacteriana (*R. solanacearum*)

La marchitez bacteriana es una importante patología en ambientes con alta temperatura y humedad relativa. Generalmente se expresa en la etapa de fructificación, cuando produce un marchitamiento generalizado que inicia por las hojas más jóvenes y que se agudiza en las horas más calurosas del día. Además, la enfermedad genera el necrosamiento del tejido vascular en tallos, donde se aprecia un color marrón al retirar la capa más externa del tejido (Lopes & Henz, 2008).

A pesar de que la bacteria no es transmisible mediante semilla, puede ingresar en el cultivo al emplear plántulas enfermas o agua de riego contaminada, así como por el transporte de suelo en maquinaria, en el calzado y por el uso de herramientas contaminadas (Lopes & Henz, 2008).

La severidad de la infección puede variar en función de la cepa, las condiciones ambientales y el material de siembra. En Colombia han sido reportadas como hospederas alternas arvenses como *Amaranthus dubius* Mart. (bledo), *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik. (bolsa de pastor, empanaditas), *Brassica rapa* L. (alpiste), *Chenopodium giganteum* D. Don. (cenizo rojo), *Chenopodium acuminatum* Willd. (paico), *Chenopodium petiolaris* Kunth (cenizo), *Datura stramonium* L. (chamico), *Erodium moschatum* (L.) L'Hér. (alfileres), *Galinsoga parviflora* Cav. (guasca), *Gnaphalium*

elegans H.B.K. (esponjilla o lanilla), *Hypochoeris radicata* L. (diente de león), *Lepidium bipinnatifidum* Desv. (mastuerzo), *Fuertesimalva peruviana* (L.) Fryxell (malva blanca), *Malva sylvestris* L. (malva morada), *Persicaria segetum* (Kunth) Small (gualola, barbasco), *Plantago rugelii* Decne. (llantén), *Rumex acetosella* L. (sangre de toro), *Rumex obtusifolius* L. y *Rumex crispus* L. (lenquevaca), *Senecio vulgaris* L. (cerrajilla), *Silene gallica* L. (cascabelito), *Solanum caripense* Humb. & Bonpl. ex Dunal. (llorones), *Solanum americanum* Mill. (yerba mora), *Sonchus oleraceus* L. (cerraja), *Spergula arvensis* L. (abrojito), *Schizotechium monospermum* (Buch.-Ham. ex D. Don.) Pusalkar & S. K. Srivast. (pajarera), *Verbena litoralis* Kunth (verbena), *Veronica persica* Poir. (violetilla), *Viola tricolor* L. (pensamiento), *Soliva anthemifolia* R. Br. (roseta) y *Jaegeria hirta* (Lag.) Less. (botón de oro) (Tamayo & Jaramillo, 2006).

A pesar de que hasta 2006, según Tamayo y Jaramillo (2006), no se conocían casos de infección en cultivos de pimentón en el país, en los últimos años, gracias a colectas desarrolladas por la Universidad Nacional de Colombia de plantas sintomáticas, se ha encontrado la enfermedad en zonas productoras de cultivos de ají y pimentón en el departamento del Valle del Cauca (Agencia de Noticias UNAL, 2017).





Pudrición blanda o tallo hueco (*Pectobacterium* spp.)

La enfermedad afecta tallos y frutos que presentan daños mecánicos por herramientas o insectos, generando pudrición de tejidos. Los puntos de la planta más susceptibles son aquellos en los cuales se produce estancamiento o acumulación de agua proveniente del ambiente, como en los brotes axilares del tallo o en la zona del pedúnculo en los frutos.

Cuando la enfermedad ataca el tallo, este se oscurece debido a la pudrición de la médula. En los frutos, se produce una pudrición blanda y de olor fétido, a nivel de campo y en poscosecha (Lopes & Henz, 2008).

En campo, la infección de los frutos comienza generalmente en el extremo que está más cercano a la planta, y pasa rápidamente al pedúnculo y al cáliz. Inicialmente, la infección presenta lesiones acuosas, deprimidas y arrugadas, con una ligera despigmentación de la zona afectada, y que se convierten en bolsas de agua a medida que avanza la enfermedad (Rosa, 2005).

La pudrición por *Pectobacterium* spp. es una enfermedad favorecida por lluvias constantes —debido a la salpicadura—, uso de herramienta contaminada, trabajos de poda y daños por insectos. En Colombia se reporta como una enfermedad de importancia económica en cultivos a campo abierto en los departamentos de Antioquia y Valle del Cauca (Tamayo & Jaramillo, 2006).

En la figura 6.21 se observa, en términos generales, durante todo el ciclo de observación de enfermedades, un aumento en la frecuencia de aparición de este daño en los meses de abril y mayo, en los cuales se presentó el mayor número de accesiones con presencia del síntoma. Así, se superaron las 50 accesiones afectadas en cada una de las evaluaciones realizadas en este periodo, y el día 9 de mayo llegaron a presentarse 155 accesiones afectadas, es decir, más del 50 % presentó síntomas de afectación por bacterias.

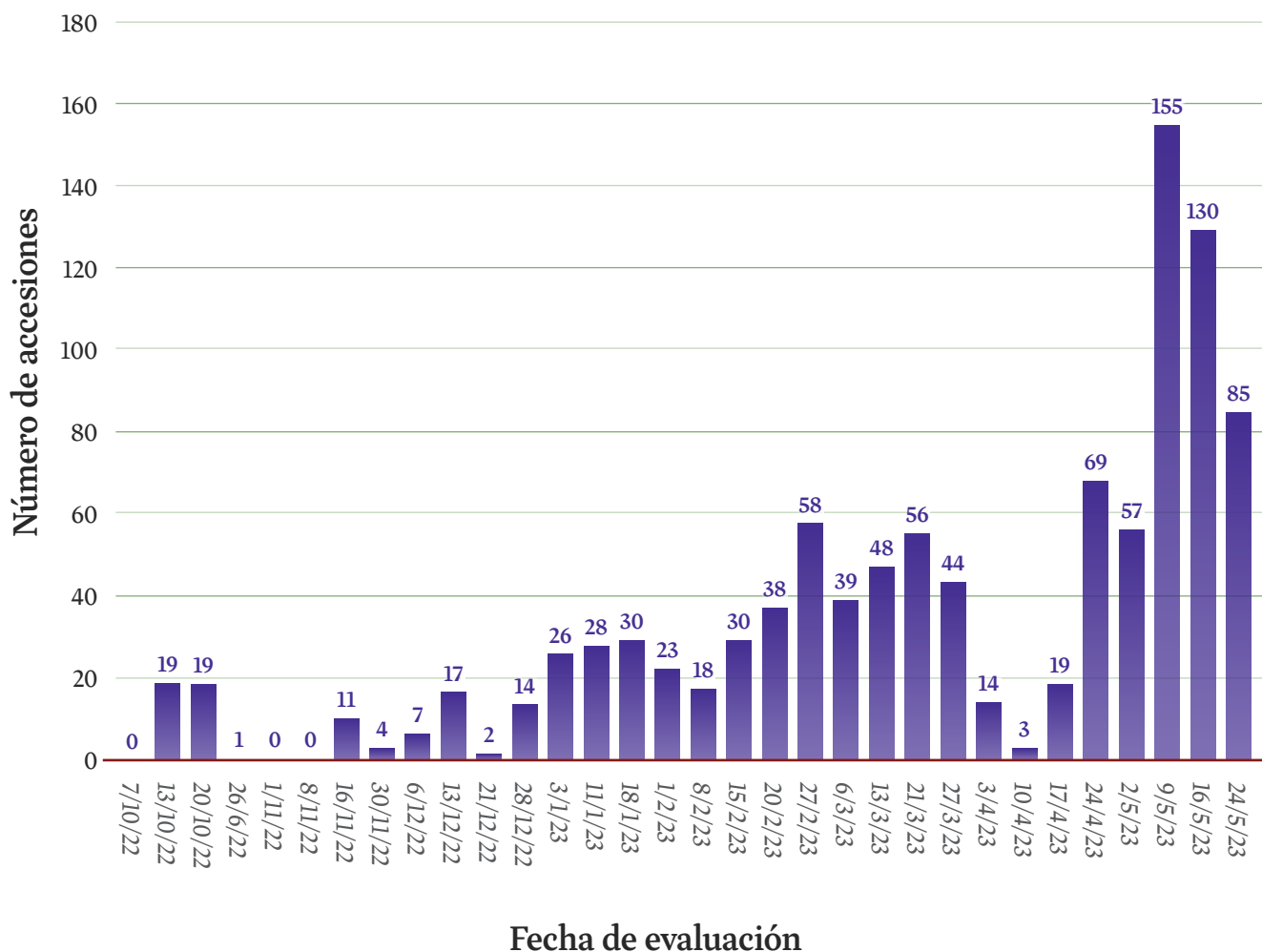


Figura 6.21. Expresión de síntomas del daño denominado mancha bacteriana a través de 32 evaluaciones en 282 accesiones del género *Capsicum* bajo condiciones protegidas en el C. I. La Selva durante 2022-2023.

Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, la figura 6.22 permite identificar que 54 de las accesiones no presentaron síntomas compatibles con este daño, de las cuales 7 no presentaron síntomas de mildew polvoso y 2 de estas (accesiones 26 y 103) no presentaron ningún tipo de afección asociada a microorganismo fitopatógeno, lo que podría significar que son accesiones con características de respuesta

sanitaria óptima para ser incluidas en futuros programas de mejoramiento genético de la especie, por respuesta de resistencia o tolerancia a los principales fitopatógenos que afectan el género. Sin embargo, se resalta que estos estudios deben ser realizados en diversos ambientes contrastantes que permitan confirmar la respuesta de las plantas a los patógenos.



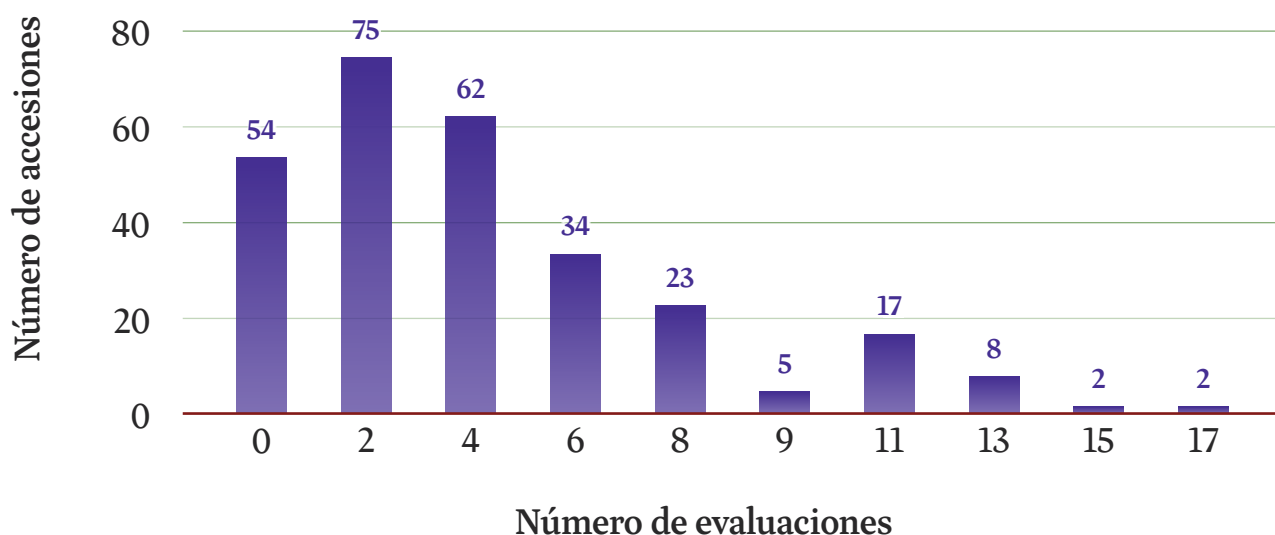


Figura 6.22. Número de accesiones por frecuencia de aparición del síntoma denominado mancha bacteriana en la colección de *Capsicum* spp. en el C. I. La Selva evaluadas bajo condiciones protegidas durante 2022-2023.

Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

Los síntomas que aparecieron con mayor frecuencia en la colección de *Capsicum* correspondieron a mildew polvoso y manchas bacterianas.

Los síntomas con expresión media en la colección de *Capsicum*, bajo las condiciones de invernadero en el C. I. La Selva, correspondieron a moho blanco, moho gris y virosis.

Por otro lado, los síntomas compatibles con ojo de sapo, antracnosis y alternaria fueron los que se presentaron con menor frecuencia en las evaluaciones.

Las accesiones 26 y 103 fueron las dos únicas que no presentaron ningún síntoma de daño compatible con alguno de los fitopatógenos asociados al cultivo.

Reflexión

Al igual que sucede con los insectos, es indispensable conocer los microorganismos asociados al *Capsicum* e identificar sus principales signos o síntomas en el cultivo, lo cual permite tomar decisiones a tiempo. Según el tipo de agente causal identificado, se pueden diseñar las estrategias de control más apropiadas de acuerdo con la etapa fenológica del cultivo, la época de aparición, las condiciones climáticas y los requerimientos de calidad del fruto, ya que el mercado de exportación para *Capsicum* tiene mayores exigencias sanitarias. Adicionalmente, conocer la dinámica y las condiciones que favorecen la diseminación del agente causal hace posible controlarlo con mayor eficacia y eficiencia. Finalmente, tener claridad respecto a los materiales de *Capsicum* más tolerantes o sensibles a las enfermedades ayuda a elegirlos o descartarlos en un proceso de selección con características de interés.

Referencias

- Agencia de Noticias UNAL. (2017). *Líneas élite de ají muestran tolerancia a enfermedades bacterianas*. Universidad Nacional de Colombia. <https://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/lineas-elite-de-aji-muestran-tolerancia-a-enfermedades-bacterianas>
- Agrios, G. N. (1997). *Plant pathology* (4.^a ed.). Lybrary of Congress.
- Ajithkumar K., Savitha, A. S., Biradar, S. A., Rajanna, B., & Ramesh, G. (2014). Management of powdery mildew and anthracnose diseases of chilli (*Capsicum annuum* L.). *Pest Management in Horticultural Ecosystems*, 20(1). 80-83. <https://agris.fao.org/search/en/providers/122535/records/65de5dbb0f3e94b9e5ce72f0>
- Arauz Cavallini, L. F. (2011). *Fitopatología: un enfoque agroecológico* (2.^a ed.). Universidad de Costa Rica.
- Asalmol, M. N., Kale, V. P., & Ingle, S. T. (2001). Seedborne fungi of chilli, incidence and effect on seed germination. *Seed Research*, 29, 76-79. <https://www.tib.eu/en/search/id/BLSE:RN104974030/Seedborne-Fungi-of-Chilli-Incidence-and-Effect?cHash=d6ab0fecc89d1d5b15a67b7eb91cb607>
- Bae Y. S. & Knudsen G. R. (2007). Effect of sclerotial distribution pattern of *Sclerotinia sclerotiorum* on biocontrol efficacy of *Trichoderma harzianum*. *Applied Soil Ecology*, 35(1), 21-24. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2006.05.014>
- Barnett, H. L., & Hunter, B. B. (1998). *Illustrated genera of imperfect fungi* (4.^a ed.). The American Phytopathology Society.
- Blazquez, C. H. (1976). A powdery mildew of chilli caused by *Oidiopsis* sp. *The American Phytopathology*, 66, 1155-1157. <https://www.apsnet.org/PUBLICATIONS/PHYTOPATHOLOGY/BACKISSUES/1976/Pages/Number10.aspx>



- Bolton, M. D., Thoma, B. P. H. J., & Nelson, B. D. (2006). *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary: biology and molecular traits of a cosmopolitan pathogen. *Molecular Plant Pathology*, 7(1), 1-16. <https://doi.org/10.1111/J.1364-3703.2005.00316.X>
- Devappa, V., & Thejakumar, M. B. (2016). Integrated management of chilli leaf spot caused by *Alternaria alternata* and *Cercospora capsici* under field conditions. *International Journal of Advanced Research*, 4, 1468-1474. <https://www.journalijar.com/article/9266/integrated-management-of-chilli-leaf-spot-caused-by-alternaria-alternata-and-cercospora-capsici-under-field-conditions/>
- Droby, S., & Lichter, A. (2007). Post-harvest botrytis infection: etiology, development and management. En Y. Elad, B. Williamson, P. Tudzynski, & N. Delen (Eds.), *Botrytis: biology, pathology and control*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-2626-3_19
- Ellis, M. B. (1971). *Dematiaceous hyphomycetes*. Commonwealth Mycological Institute. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/book/10.1079/9780851986180.0000>
- Huaman Pilco, A. F., Chichipe Vela, I., Calderón Ordóñez, E., Leiva Espinoza, S. T., & Oliva, M. (2019). Diagnóstico de plagas y enfermedades de cinco genotipos de ajíes (*Capsicum* spp.) en invernadero. *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable*, 3(3), 1-8. <https://revistas.untrm.edu.pe/index.php/INDESADOS/article/view/475>
- Hussain, F., & Abid, M. (2011). Pests and diseases of chilli crop in Pakistan: a review. *International Journal of Biology and Biotechnology*, 8(2), 325-332. <https://ijbbku.com/assets/custom/journals/2011/2/PESTS%20AND%20DISEASES%20OF%20CHILLI%20CROP%20IN%20PAKISTAN%20A%20REVIEW.pdf>
- Jeon, Y. J., Kwon, H. W., Nam, J. S., & Kim, S. H. (2006). Characterization of *Sclerotinia sclerotiorum* isolated from paprika. *Mycobiology*, 34(3), 154-157. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24039491/>
- Jiménez-Pérez, O., Gallegos-Morales, G., Espinoza-Ahumada, C. A., Delgado-Luna, C., Preciado-Rangel, P., & Espinosa-Palomeque, B. (2024). Potential of chitosan for the control of powdery mildew (*Leveillula taurica* (Lév.) Arnaud) in a jalapeño pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivar. *Plants*, 13(7), 915. <https://doi.org/10.3390/plants13070915>
- Kamara, A., El-Argawy, E., El-Korany, A., & Amer, G. (2016). Potential of certain cultivars and resistance inducers to control gray mould (*Botrytis cinerea*) of pepper (*Capsicum annuum* L.). *African Journal of Microbiology Research*, 10(45), 1926-1937. <https://academicjournals.org/journal/AJMR/article-abstract/F2D0F7F61927>
- Karkanis, A., Bilalis, D., Efthimiadou, A., & Katsenios, N. (2012). Effects of field bindweed (*Convolvulus arvensis* L.) and powdery mildew (*Leveillula taurica* (Lev.) Arn.) on pepper growth and yield - Short communication. *Horticultural Science*, 39(3), 135-138. <https://ideas.repec.org/a/caa/jnlhor/v39y2012i3id213-2011-hortsci.html>
- Khalid, I., Riasat, H., Khan, M. J., Tariq, A., Abbas, A., & Arif, M. U. (2021) Isolation, identification and management of fungal pathogen responsible for chilli leaf spot disease. *Life Science Journal*, 18(11), 42-66. <https://doi.org/10.7537/marslsj181121.05>

- Kiran, R., Akhtar, J., Kumar, P., & Shkhar, M. (2020). Anthracnose of chilli: status, diagnosis and management. En A. Dekebo (Ed.), *Capsicum* (pp. 27-42). IntechOpen. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.87455>
- Kusch, S., Németh, M. Z., Vaghefi, N., Ibrahim, H. M. M., Panstruga, R., & Kiss, L. (2020) A short-read genome assembly resource for *Leveillula taurica* causing powdery mildew disease of sweet pepper (*Capsicum annuum*). *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 33(6), 782-786. <https://doi.org/10.1094/MPMI-02-20-0029-A>
- Li, Y., Zhang, D., Xu, W., Wu, Z., Guo, M., & Cao, A. (2011). *Alternaria tenuissima* causing leaf spot and fruit rot on pepper (*Capsicum annuum*): first report in China. *New Disease Reports*, 24(1), 2044-0588. <https://bsppjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.5197/j.2044-0588.2011.024.003>
- McDougall, S., Watson, A., Stodart, B., Napier, T., Kelly, G., Troidahl, D., & Tesoriero, L. (2013). *Tomato, Capsicum, chilli and eggplant: a field guide for the identification of insect pests, beneficials, diseases and disorders in Australia and Cambodia*. Australian Centre for International Agricultural Research. https://www.aciar.gov.au/sites/default/files/legacy/teccipm-14-web-04-18dec13_.pdf
- Mukhtar, T., Vagelas, I., & Javaid, A. (2023). Editorial: new trends in integrated plant disease management. *Frontiers in Agronomy*, 4. <https://doi.org/10.3389/fagro.2022.1104122>
- Nageswararao Naik, B. N., Malmathanraj, R., & Palanisamy, P. (2022). Detection and classification of chilli leaf disease using a squeeze-and-excitation-based CNN model. *Ecological Informatics*, 69, 101663. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2022.101663>
- Oo, M.M., y Oh, S.-K. (2016). Chilli anthracnose (*Colletotrichum* spp.) disease and its management approach. *Korean Journal of Agricultural Science*, 43, 153-162. <http://dx.doi.org/10.7744/kjoas.20160018>
- Ordóñez-Valencia, C., Ferrera-Cerrato, R., Alarcón, A., Hernández-Cuevas, L. V., & Larsen, J. (2018). Desarrollo morfológico temprano de esclerocios por *Sclerotinia sclerotiorum* en presencia de bicarbonato de potasio. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 36(3), 363-378. <https://www.redalyc.org/journal/612/61257782001/html/>
- Palma-Martínez, E., Aguilar-Rincón, V. H., Corona-Torres, T., & Gómez-Rodríguez, O. (2017). Resistencia a *Phytophthora capsici* Leo. en líneas de chile Huacle (*Capsicum annuum*, L.). *Revista Fitotecnia Mexicana*, 40(3), 359-363. <https://revistafitotecniamexicana.org/documentos/40-3/13a.pdf>
- Polat, İ., Baysal, Ö., Mercati, F., Gümrükcü, E., Sülü, G., Kitapçı, A., Araniti, F., & Carimi, F. (2018). Characterization of *Botrytis cinerea* isolates collected on pepper in Southern Turkey by using molecular markers, fungicide resistance genes and virulence assay. *Infection, Genetics and Evolution*, 60, 151-159. <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2018.02.019>
- Lopes, C. A., & Henz, G. P. (2008). Doenças e métodos de controle. En C. S. da C. Ribeiro, C. A. Lopes, S. I. Costa de Carvalho, G. P. Henz, & F. J. B. Reifschneider (Eds.), *Pimentas 'Capsicum'* (pp. 109-126). Embrapa Hortaliças. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/781198/1/Pimentas-Capsicum.pdf>
- Rivera-Toro, D. M., Vaca-Vaca, J. C., & López-López, K. (2020). Detection and molecular characterization of the cucumber mosaic virus in chili pepper (*Capsicum* spp. L.) crops. *Agronomía Colombiana*, 38(2), 218-225. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v38n2.82975>



- Romanazzi, G., & Feliziani, E. (2014). *Botrytis cinerea* (Gray Mold). En S. Bautista-Baños (Ed.), *Postharvest decay: control strategies* (pp. 131-146). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-411552-1.00004-1>
- Rosa, E. (2005). Enfermedades. En *Conjunto tecnológico para la producción de pimiento: tipos “cubanelle” y “campana”*. Universidad de Puerto Rico, Colegio de Ciencias Agrícolas.
- Rugeles, L., Ávila, J., Morales, A., Huertas, A., Guaitero, B., & Bonilla, C. (2010). *Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena de hortalizas en Colombia: salsa de ají*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. <https://repository.agrosavia.co/server/api/core/bitstreams/fa209c8e-7077-4ddb-ad85-25384fa97473/content>
- Salam, R., Kripalini, N., Imotomba, S., Supriya, L., & Bumpy, K. (2022). Studies on leaf spot of chilli caused by *Cercospora capsici* and its management in Manipur. *The Pharma Innovation Journal*, SP-11(7), 4363-4374. <https://www.thepharmajournal.com/archives/2022/vol11issue7S/PartAY/S-11-7-461-758.pdf>
- Sutton, B. (1980). *The Coelomycetes: fungi imperfect with pycnidia acervuli and stroma*. Commonwealth Mycological Institute. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19801366283>
- Tamayo, P. J., & Jaramillo, J. (2006). *Enfermedades del tomate, pimentón, ají y berenjena en Colombia. Guía para su diagnóstico y manejo*. Corpoica. <https://repository.agrosavia.co/items/126cf006-37e9-4bc0-a029-06d696ca853f>
- Thangjam, B., Chanu, W. T., & Mayanglambam, B. (2020). Fungal diseases of chilli and their management. *AgriCos e-Newsletter*, 1(03), 47-49. https://www.agricosemagazine.com/_files/ugd/93e822_e1af0fb4d3dc45e6956c4f817219bcf2.pdf?index=true
- Vaca-Vaca, J. C., Morales-Euse, J., Rivera-Toro, D. M., & López-López, K. (2019). Primer reporte de begomovirus infectando cultivos de ají (*Capsicum* spp.) en Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 24(3), 452-462. <https://doi.org/10.15446/abc.v24n3.79367>
- Wang, L., Hu, J., Li, D., Reymick, O. O., Tan, X., & Tao, N. (2022). Isolation and control of *Botrytis cinerea* in postharvest green pepper fruit. *Scientia Horticulturae*, 302, 111159. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111159>

