



Evaluación fitosanitaria en dos sistemas de producción hortícola en Zarcero, Alajuela, Costa Rica

Phytosanitary evaluation in two agricultural production systems in Zarcero, Alajuela, Costa Rica

Silvia Elena Araya-Salas¹, Mariana Chavarría-Azofeifa², Valery Vanessa Corella-Molina³,
Esteban Garro-Monge⁴, Juan Diego Rodríguez-Arce⁵, Juan Manuel Solís-Salazar⁶,
Moisés Alfonso Rodríguez-Valenciano⁷

Palabras clave

Brassica olerasa,
Capsicum annuum,
diagnóstico de hernia
de las crucíferas,
Plutella, *Mycosphaerella*,
Plasmodiophora Bemisia.

Key words

Brassica olerasa,
Capsicum annuum,
cruciferous hernia,
disease diagnosis,
Plutella, *Mycosphaerella*,
Plasmodiophora Bemisia.

Resumen

La variabilidad climática que goza Costa Rica promueve el establecimiento de una alta diversidad de cultivos hortícolas, aunque también resulta favorable para la distribución y desarrollo de plagas. El presente estudio tuvo como objetivo diagnosticar los principales problemas fitosanitarios de dos cultivos hortícolas en época seca en Zarcero, Alajuela, Costa Rica. Las muestras se recolectaron mediante un muestreo sistemático con arranque aleatorio y se analizaron en laboratorio según la sintomatología observada. En plantas de repollo se observaron raíces con abultamientos, manchas foliares y herbivoría, mientras que en las de chile se encontró frutos deformes y alta incidencia de mosca blanca. En repollo se diagnosticó *Plutella xylostella*, *Mycosphaerella brassicicola* y *Plasmodiophora brassicae* y en chile dulce *Bemisia tabaci*, deformación de fruto y protuberancia en forma de cola.

Abstract

Main climates in Costa Rica promote the establishment of horticultural crops and they also benefits distribution and development of pests. Two crops with economic importance are sweet pepper and cabbage, both grow well in the country but often are affected by pests and nutritional disorders. The present study aimed to diagnose the main problems of two horticultural crops during the dry season in Zarcero, Alajuela, Costa Rica. Samples were collected with a systematic sampling method and then they were analyzed in laboratory according to the observed symptoms. In cabbage, roots had bulges, leaf spots and signs of herbivory. In sweet pepper there were found misshapen fruits and a high incidence of white flies. *Mycosphaerella brassicicola*, *Plutella xylostella* and *Plasmodiophora brassicae* were diagnosed in cabbage crops and *Bemisia tabaci*, fruit deformation and tail shaped protuberances in sweet pepper.

Los autores son estudiantes de la Escuela de Ingeniería en Agronomía, CTL-SC, ITCR, curso Protección de Cultivos.

- 1 siaraya@estudiantec.cr
- 2 marchavarria21c@gmail.com; marchavarria@estudiantec.cr.
- 3 corellavalery@gmail.com
- 4 garromongee@gmail.com;
- 5 jd-3010@hotmail.com
- 6 jusolis@estudiantec.cr
- 7 moizo92@gmail.com

Recibido: Enero del 2021
Aceptado: Octubre del 2021
Publicado: Diciembre del 2022
DOI: 10.18860/rath.v3i1.6504

Introducción

Las hortalizas presentan características que les otorgan importancia en la alimentación y, al ser de elevada calidad nutricional, son altamente demandadas. En Costa Rica, se estima que la superficie cultivada con hortalizas alcanza 5880 ha, que corresponde al 4% de la superficie cultivada [1], actividad que robustece al sector agrícola y campesino, y que genera empleo en el campo y sector agroindustrial [1]. Sin embargo, los patrones climáticos generan condiciones ideales para el desarrollo y diseminación de enfermedades. Como consecuencia la producción de hortalizas, ejecutada principalmente en fincas pequeñas (1-5 ha), trabajadas con mano de obra familiar, lucha constantemente contra problemas fitosanitarios [2].

Dos de las principales familias cultivadas en Costa Rica son las solanáceas y las crucíferas.

El repollo (*Brassica oleracea*), de la familia Brassicaceae, cuyo origen se atribuye a Europa [3], se desarrolla óptimamente entre 16°C y 21°C, tiene una fase vegetativa y reproductiva diferenciadas, florece con bajas temperaturas al alcanzar el desarrollo necesario; sin embargo, el estrés por bajas temperaturas puede causar floración precoz [3]. Se cultivan entre 2 a 4 plantas m⁻²; sus principales plagas y enfermedades son los lepidópteros *Plutella xylostella* y *Hellula undalis*; algunas moscas, coleópteros, hongos como *Alternaria brassicae*, *A. brassicicola*, *Plasmiodiophora brassicae*, *Botrytis cinerea* y *Sclerotinia* sp.; bacterias (*Pseudomonas*, *Erwinia* sp.), virus y algunas fisiopatías [3] que afectan directa o indirectamente el rendimiento del cultivo.

El chile dulce (*Capsicum annuum* L.) es una solanácea originaria de zonas tropicales y subtropicales del continente americano. Esta es una hortaliza de alto valor nutritivo, posicionándose como un importante cultivo de invernadero en muchos países [4]. Esa forma de cultivo satisface la demanda del mercado y permite controlar los efectos del cambio climático, sean ambientales (temperatura, humedad relativa, lluvia, luminosidad) o agronómicos (manejo, plagas, enfermedades) [4].

Con base a la importancia e interacción de estos cultivos en el ambiente agronómico, el presente estudio tuvo como objetivo diagnosticar los principales problemas fitosanitarios de estos dos

cultivos hortícolas en época seca en Zarcero, Alajuela, Costa Rica.

Materiales y métodos

El estudio se ejecutó del 21 de febrero al 24 de abril del 2019, correspondiente a la época seca en Costa Rica.

Se eligieron dos fincas productoras de hortalizas, ambas en el cantón de Zarcero, Alajuela, Costa Rica; cuyas características se describen en el Cuadro 1. La finca Esmeralda se ubicó en Tapezco (CRTM05 longitud: 455035 y latitud: 1129875) a 1821 msnm; la zona reporta una precipitación anual de 1500 a 2500 mm, temperatura promedio de 17°C, humedad relativa alta (85-87%) y evapotranspiración de 4,5 - 5,5 mm/día.

La finca Hortalizas Don Chepe se ubicó en La Legua (CRTM05 longitud: 457729 y latitud: 1132131) a 1736 msnm; en una zona con presencia de neblina, temperaturas medias de 15°C, precipitación anual de 1937 mm y evapotranspiración de 4,5 a 5,5 mm por día.

En ambas fincas se solicitó información de análisis de suelos ejecutados históricamente, para conocer la cantidad de nutrientes disponibles en los sitios de cultivo.

Método de muestreo en campo

En el invernadero de Hortalizas Don Chepe se realizó un muestreo sistemático con arranque aleatorio, con evaluaciones del suelo y de la parte aérea y radical de la planta. El muestreo de insectos se realizó de manera sistemática con arranque al azar, en cada hilera al iniciar se seleccionaba una planta de las primeras cinco, de ahí se continuaba muestreando cada cinco plantas y de cada planta se recolectaron dos hojas, se cortaron los peciolos con bisturí desinfectado, los cuales se colocaron en una bolsa plástica con cierre hermético previamente identificada y se selló para transportar a laboratorio; a la planta se aplicó sellador fúngico para evitar el ingreso de patógenos. Se registró la cantidad de frutos por planta y se obtuvieron muestras de tejidos con bisturí estéril, los cuales se conservaron en cámaras húmedas.

El área cultivada de la finca La Esmeralda se dividió en dos zonas (orilla y centro) y se realizó un

Cuadro 1. Descripción general de los cultivos en dos sistemas de producción agrícola de Zarcero, Alajuela, Costa Rica.

Table 1. General description of crops in two agricultural production systems in Zarcero, Alajuela, Costa Rica.

Característica	La Esmeralda	Hortalizas Don Chepe
Suelo	Franco arenoso	Franco arenoso
Topografía	Irregular	Irregular
Cultivo	Repollo (<i>Brassica oleracea</i>)	Chile (<i>Capsicum annum</i>)
Varietal	Grand Vantage	Nathalie
Sistema de cultivo	Campo abierto	Invernadero
Sistema de siembra	Semi-convencional	Convencional
Densidad de siembra	0,30 m filas x 0,30 m plantas	0,50 m filas x 0,40 m plantas
Sistema de riego	Aspersión	Aspersión
Insumos	Bioles, bocashi, <i>Trichoderma</i> sp., <i>Metarhizium</i> sp.	Oncol (control de nematodos), <i>Beauveria</i> sp., <i>Metarhizium</i> sp.

muestreó sistemáticamente con arranque aleatorio. Se revisó cuidadosamente cada planta y se registró la presencia de larvas, pupas, adulto y la afectación por herbivoría.

Para conocer la incidencia de nematodos, se recolectó suelo en 10 puntos de muestreo repartidos en el área total de terreno, a 30 cm de profundidad (descartando los primeros 5 cm superficiales); las muestras se homogenizaron hasta obtener una muestra final de 500 g, las cuales se colocaron por separado en bolsas plásticas identificadas y se transportaron en hieleras hasta el laboratorio.

Análisis de muestras

Los tejidos se analizaron en el Laboratorio de Fitopatología y Biocontroladores, las muestras de suelo en el Laboratorio de Nematología y los insectos se examinaron en el Laboratorio de Entomología, todos ellos ubicados en el Instituto Tecnológico de Costa Rica, Campus Local San Carlos. Para la extracción de nematodos, tanto de suelo como de raíz, se utilizó el método de centrifugación-flotación [5]. Las muestras de insectos se observaron en un microscopio de disección, donde fueron identificados y contabilizados según su estado.

Para la identificación de hongos, la muestra se observó a simple vista, si no presentó síntomas visibles se colocó en una cámara húmeda: en una caja plástica la muestra se cubrió con papel

servilleta, se humedeció con agua, se tapó y se colocó en un sitio a temperatura ambiente para favorecer el desarrollo del patógeno, para luego observar síntomas y signos. Se calculó el porcentaje de incidencia de los problemas observados mediante la siguiente fórmula [5].

$$\% \text{ de incidencia} = \frac{\text{plantas afectadas}}{\text{plantas totales}} \times 100 \quad (1)$$

Descarga de ascosporas

De las hojas sintomáticas se seleccionó y cortó fragmentos de manchas con mayor número de pseudotecios, se fijó al menos cuatro de estas con grapas a un disco de papel filtro de 9 cm de diámetro. Los discos con los fragmentos de manchas fueron sumergidos por cinco minutos en agua destilada estéril, se colocaron en tapas de placas Petri con PDA (papa-dextrosa-agar; 39g) de modo que el envés de la hoja quedó frente al agar, puesto que los pseudotecios se ubican en ese lado de la hoja y se incubaron en oscuridad por 15 horas a 27°C. Posteriormente, con ayuda de un microscopio compuesto se observó e identificó las ascosporas (elípticas, hialinas, con dos células).

Resultados y discusión

A partir de los análisis de suelos suministrados por las fincas, se registró que los nutrientes presentaron

valores dentro de los ámbitos de concentración óptimos.

Muestreo en cultivo de repollo

Se encontró una alta incidencia de los síntomas causados por *Cercospora brassicicola* Henn., sin. *Asteromella brassicae*, e.t. *Mycosphaerella brassicicola* (Figura 1). Se observaron manchas a nivel foliar tanto en hojas viejas como intermedias; en algunos casos las manchas coalescieron (Figura 1A), algunas presentaron forma circular y otras fueron irregulares, de color café a negro, algunas con halo clorótico (Figura 1B) y puntos negros que formaron círculos concéntricos, los cuales podrían ser agrupaciones de un tipo de ascocarpo (Figuras 1C–1D). Las manchas observadas coinciden con las descritas por Agrios [5] y Kennedy *et al.* [6] en otros tipos de hortaliza.

El análisis microscópico de las estructuras de la Figura 1 identificó conidios alargados, delgados hialinos, septados y multinucleados (Figuras 2A – 2B), ascosporas alrededor del ascocarpo (Figura 2C) y ascas alargadas en la salida de ascocarpo subepidérmicos, globosos y pequeños (Figura 2D). Los conidios observados coincidieron con los descritos por Agrios [5], quien agrega que se pueden encontrar en racimos agrupados

(esporodoquios). Webster y Weber [7] indican que las dimensiones de las estructuras varían según las condiciones de humedad que se presenten. La magnificación no permitió detallar las ascosporas; sin embargo, Webster y Weber [7] las describen como hialinas y de un solo septo; además agregan que en los pseudotecios se desarrollan las ascas, las cuales están recubiertas por un fascículo basal (túnica).

Según los signos y síntomas descritos, aunado a las condiciones climáticas del lugar, surge la hipótesis de que los hongos observados pertenecieron al género *Mycosphaerella*, puesto que coinciden con los patógenos del género descritos por Goodwin *et al.* [8] y Crous *et al.* [9]. En concordancia, a nivel de campo se observó el crecimiento exponencial de la enfermedad en la plantación, incrementando el número de manchas en el tiempo. Además, la variedad cultivada (Grand Vantage) no se caracteriza por poseer genes de resistencia ante los patógenos [5]; por lo que es de esperar bajos rendimientos a cosecha.

La finca se visitó en época seca, con prevalencia de altas temperaturas, que no solo favorecen la incidencia de hongos, sino que los hacen más destructivos [5]. La temperatura y humedad relativa son relevantes para la germinación de esporas.



Figura 1. Síntomas causados por *Cercospora brassicicola* Henn., sin. *Asteromella brassicae*, e.t. *Mycosphaerella brassicicola*. A – B: Síntomas a simple vista; C – D: Acercamiento de los síntomas con microscopio de disección a 40X. La Esmeralda, Alajuela, Costa Rica.

Figure 1. Symptoms caused by *Cercospora brassicicola* Henn., Sin. *Asteromella brassicae*, e.t. *Mycosphaerella brassicicola*. A – B: Symptoms at a glance; C – D: Symptoms approach with 40X dissection microscope. La Esmeralda, Alajuela, Costa Rica.

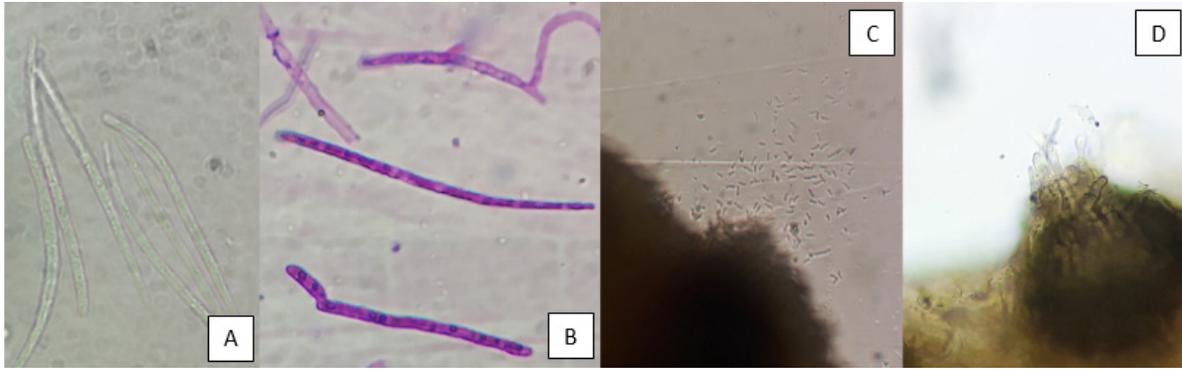


Figura 2. Estructuras reproductivas de *Cercospora brassicicola* Henn., sin. *Asteromella brassicae*, e.t. *Mycosphaerella brassicicola*. A) Conidios, B) Conidios germinados teñidos con cristal violeta, C) Ascosporas D) Ascocarpo; A – B 1000X, C – D 400X. La Esmeralda, Alajuela, Costa Rica.

Figure 2. Reproductive structures of *Cercospora brassicicola* Henn., Sin. *Asteromella brassicae*, e.t. *Mycosphaerella brassicicola*. A) Conidia, B) Germinated conidia stained with violet crystal, C) Ascospores D) Ascocarp; A – B 1000X, C – D 400X. La Esmeralda, Alajuela, Costa Rica.

Temperaturas entre 20°C y 25°C favorecen el 93-99% de germinación; y humedad relativa mayor a 93,5% genera el 100% de germinación en solo 24 horas [7].

Los esporodocios de este tipo de hongos generalmente se observan en la superficie de la hoja, a través de los estomas de la planta, formando numerosos conidios que sirven para la diferenciación entre taxones [5,7]. El patógeno produce cercosporina, toxina que degrada las células de la planta en presencia de luz (fotosensible). Dentro de la célula vegetal, la toxina induce la producción de oxígeno atómico, que lleva a una pérdida de electrolitos, resultando en la ruptura de la membrana celular [5]. La enfermedad sigue un patrón de desarrollo policíclico, es decir, los esporodocios producen conidios una y otra vez en todo el ciclo del cultivo [5]. Los conidios y conidióforos representan la fase reproductiva asexual y son producidos por células conidiogénicas en los conidióforos [7]. La reproducción sexual (inóculo primario) involucra fusión del núcleo y meiosis y solo ocurre en ascomycetes, los cuales producen ascas y ascosporas de uno o varios núcleos haploides y micelios haploides que por fusión de hifas pueden reproducirse asexualmente.

Por otro lado, con base en los resultados obtenidos, se observó gran cantidad de plantas que presentaron síntomas como abultamientos o tumores en el sistema radical, así como

variabilidad de tamaño entre plantas, síntomas de marchitamiento y amarillez (Figura 3). De igual manera, muchas plantas estaban desprendidas del suelo a causa del abultamiento de las raíces. Los síntomas observados corresponden a la enfermedad de la raíz en crucíferas, denominada hernia de las crucíferas y causada por *Plasmodiophora brassicae*, del Phylum Plasmodiophoromycota, Clase Plasmodiophoromycetes, Orden Plasmodiophorales y Familia Plasmodiophoraceae [7]. Según lo evaluado, dentro de la población se registró 39% de incidencia de esta enfermedad.

El agente causante de la hernia de las crucíferas tiende a formar pequeños o grandes hinchamientos en el sistema radical de la planta (Figura 4) causados por la hipertrofia a nivel radical y una hiperplasia extensa [7]. *P. brassicae* puede producir zoosporangios o esporas de reposo; al germinar dichas estructuras producen zoosporas, que penetran los pelos radicales del hospedante para formar un plasmodio [5] (Figura 4).

El grupo Plasmodiophoromycota son parásitos obligados o biotróficos; por lo que al ser *P. brassicae* de este grupo resulta difícil su aislamiento en laboratorio [7]. El patógeno presenta mejor desarrollo en suelos fríos, húmedos (45 - 70% de humedad) y ácidos; por ende, en tales condiciones el número de plantas enfermas incrementa entre los 20° C y 25° C. Esta enfermedad es más severa con un pH cercano a 5,7, su crecimiento disminuye



Figura 3. Plantas de repollo (*Brassica oleracea*) var. Grand Vantage afectadas por *Plasmodiophora brassicae*. La Esmeralda, Alajuela, Costa Rica.

Figure 3. Cabbage plants (*Brassica oleracea*) var. Grand Vantage affected by *Plasmodiophora brassicae*. La Esmeralda, Alajuela, Costa Rica.



Figura 4. Síntomas característicos de *Plasmodiophora brassicae* en el sistema radical de plantas de repollo (*Brassica oleracea*) var. Grand Vantage. La Esmeralda, Alajuela, Costa Rica.

Figure 4. Characteristic symptoms of *P. brassicae* in root system of cabbage (*Brassica oleracea*) var. Grand Vantage. La Esmeralda, Alajuela, Costa Rica.

con pH entre 5,7 y 6,2 y se inhibe alrededor de 7,8 [5].

P. brassicae induce a la producción de auxinas (AIA) en sus hospedantes, las cuales son reguladores de crecimiento [5]. Cuando sólo algunas células se infectan, los plasmodios se extienden y al ser muchas se mantienen relativamente pequeños. Debido a ello es probable que se establezca una relación constante entre el volumen que ocupan tanto el plasmodio como el tejido enfermo, de los cuales el primero constituye aproximadamente el 30% de la superficie que ocupa el último. Las zonas infectadas por el plasmodio no sólo utilizan la mayor parte del alimento requerido para el desarrollo normal de la planta, sino que interfieren con la absorción y translocación del agua y minerales

en el sistema radical, resultando en atrofia y marchitamiento gradual de los órganos aéreos de la planta. La invasión de las zonas circulares por bacterias, y su consecuente desintegración, producen sustancias tóxicas a las que se debe en parte el marchitamiento de las ramas en la región aérea de la planta [5].

A partir de los síntomas observados se descartó daños por nematodos en las plantas de repollo. Rivera *et al.* [10] indican que los daños provocados por fitonemátodos son nódulos o agallas irregulares, además de que habría presencia de hembras similares a perlas blancas en los tejidos muestreados.

A partir de la sintomatología observada se determinó la presencia de larvas de *Plutella xylostella* en

el tejido interno de las hojas, existiendo mayor herbívora en el envés y sin daños a venas o nervaduras de la lámina foliar. La palomilla de dorso de diamante (*P. xylostella*) del Orden Lepidoptera y Familia Plutellidae, es un insecto fitófago hospedante en cultivos de la Familia Brassicaceae [11]. Las larvas jóvenes se alimentan de la superficie, dejando una capa delgada similar a una “ventana” en la epidermis de la hoja. Las hojas más viejas presentaron orificios de gran tamaño y ataques intensos que redujeron el área foliar. Luego del ataque, la cabeza del repollo se deforma y al generarse heridas se permite la entrada de patógenos descomponedores [11]. De ahí la importancia de realizar muestreos semanales para observar síntomas de daño por este insecto.

Respecto a los umbrales de acción en el cultivo de repollo, Bujanos *et al.* [12] mencionan que el número de larvas por planta *P. xylostella* aceptable depende de la etapa de desarrollo del cultivo: una plantación en la primera etapa (semillero) permite hasta 15 larvas por cada 30 plantas (0,5 larvas/planta); mientras que en la tercera y cuarta etapas de este cultivo, el umbral de acción es 6 larvas por cada 30 plantas (0,2 larvas/planta). Como se observa en la Figura 5, *P. xylostella* puede presentarse en todo el ciclo de desarrollo del cultivo, siendo el principal punto crítico al terminar la formación de la cabeza y llenado del repollo, ya

que afecta severamente la cosecha [13]. En este estudio, el cultivo se encontró en la cuarta etapa de desarrollo y presentó 83% de incidencia de la plaga; lo que sugiere una afectación económica a la producción debido a que el umbral máximo permitido es de 20% de incidencia [13].

En cuanto a morfología, las larvas observadas midieron 1 cm de longitud, presentaron coloración verde pálido con manchas oculares negras y su último par de patas falsas se encontraron ampliamente separadas formando una “V” invertida, característica diagnóstica de la especie [12].

Este insecto es más activo al atardecer y parte de la noche, la mayoría de adultos emergen durante la mañana y se encuentran listos para copular al atardecer del mismo día [11]; las poblaciones de *P. xylostella* crecen más rápido a temperaturas mayores a 26°C [11]. Al emerger, el adulto es de color café con manchas grises [13] y la hembra deposita los huevos en el envés de la hoja o con menor frecuencia en los pecíolos y tallos. En el muestreo realizado se encontraron grupos de dos a tres huevecillos en el envés de las hojas. Luego de 4 a 5 días, los huevos eclosionan y las larvas comienzan a alimentarse, etapa que puede durar de 8 a 12 días según la temperatura, ya que ralentizan su alimentación a temperaturas menores a 10°C [11]. El estado de pupa dura de 4 a 5 días y ocurre en un capullo holgado, transparente, que



Figura 5. Ciclo de desarrollo del cultivo de repollo, etapas susceptibles y puntos críticos ante *Plutella xylostella*.

Figure 5. Phenological stages of cabbage crop, susceptible stages and critical points of the presence of *Plutella xylostella*.

se encuentra usualmente adherido al envés de las hojas [13].

Muestreo en cultivo de chile dulce

En el cultivo de chile dulce, se registró la presencia de *Bemisia tabaci* o mosca blanca, del Phylum Insecta, Orden Homoptera, Familia Aleyrodidae. La mosca blanca es más abundante durante la época seca y en sistemas que utilizan aplicaciones de riego [14], tal como ocurre en la finca evaluada. Este insecto puede producir ligeras lesiones en la base de hojas nuevas, así como un leve amarillamiento y deformaciones como “acucharamiento” en los folíolos. La plaga puede inducirse por una excesiva aplicación de insecticidas y además de sus daños directos, es vector del geminivirus o virus de mosaico amarillo del tomate. La presencia de incluso pocos individuos de *Bemisia* puede implicar un problema significativo si el cultivo se infecta con el virus [14].

Este insecto presenta una metamorfosis incompleta y en una misma plantación pueden observarse los diferentes estadios [14]. El primer instar (huevo) tiene una duración de 5 días, son pequeños, blancos o translúcidos y se pueden encontrar en el envés de la hoja. La ninfa es amarillo-verdosa, presenta cuatro estadios de los cuales solo los primeros tres se alimentan de la hoja succionando la savia, la duración como ninfa varía entre 10 y 12 días. El adulto es morfológicamente característico, de color blanco, con dos pares de alas cubiertas de cera y un tamaño entre 1 y 2 mm [14]; dichas características, aunado al aparato bucal chupador-picador, se observaron en laboratorio en los especímenes recolectados.

Como resultado del conteo de individuos se registró en promedio 20 ninfas, 24 huevos y 28 adultos por unidad muestral (planta), excediendo el umbral de 25 adultos por unidad muestral para este cultivo en el estado de fructificación [15]. El porcentaje de incidencia de esta plaga fue del 100%. A partir de lo anterior se concluyó que este insecto representa un problema fitosanitario en el invernadero muestreado. El punto crítico en la interacción hospedero-plaga ocurre en las primeras cinco semanas del ciclo de cultivo [14]. *B. tabaci* puede albergarse en malezas o cultivos aledaños aun cuando el cultivo no está en las etapas de mayor susceptibilidad, por lo que puede persistir hasta por varios ciclos de cultivo.

Durante las visitas al cultivo no se observó sintomatología del virus de mosaico amarillo del tomate; sin embargo, se deben considerar los aspectos descritos a continuación. En el invernadero evaluado también se cultiva tomate (*Lycopersicon esculentum*), lechuga (*Lactuca sativa*) y cebolla (*Allium cepa*); siendo *B. tabaci* cosmopolita, esta plaga representa un riesgo para los cultivos que allí se ubican. Además, la finca se localiza en una zona productora de hortalizas y el invernadero no está aislado del exterior, exponiéndose a una diseminación rápida del virus dentro de la plantación debido a la alta incidencia de la plaga.

Respecto a problemas morfológicos se observó un crecimiento irregular en forma de “cola” en la parte distal de los frutos, con un porcentaje de incidencia del 93,3% en las plantas muestreadas y 61,7% de los frutos totales muestreados, que pueden llegar a afectar de manera significativa la producción de la finca (Figura 6).

Por otra, se encontró una incidencia del 66,7% en deformación de fruto en las plantas observadas y 11,9% en la totalidad de frutos. Los frutos deformados se encontraron en proceso de maduración y presentaban menor tamaño, el producto cosechado con esa anomalía es rechazado por el mercado de exportación y en el mercado nacional es vendido como de segunda calidad, al ser su apariencia poco apetecible (Figura 6).

La susceptibilidad al desprendimiento que presentaban las “colas”, puede provocar que durante la recolección y almacenaje los frutos se rocen y la parte terminal del tejido quede expuesta, lo que conlleva a una posible puerta de entrada para patógenos (hongos y/o bacterias), que provocaría daño significativo al fruto y a su comercialización.

De acuerdo con Zamora [16], este tipo de fisiopatías ocurren al presentarse bajas temperaturas durante gran parte del día en la polinización y floración del cultivo, ya que se reduce la polinización y se genera un pobre desarrollo de flores, resultando en deformaciones como las observadas.

El estrés abiótico, principalmente la baja humedad y alta temperatura, es el principal factor extrínseco que afecta la productividad de chile dulce especialmente en las etapas más sensibles

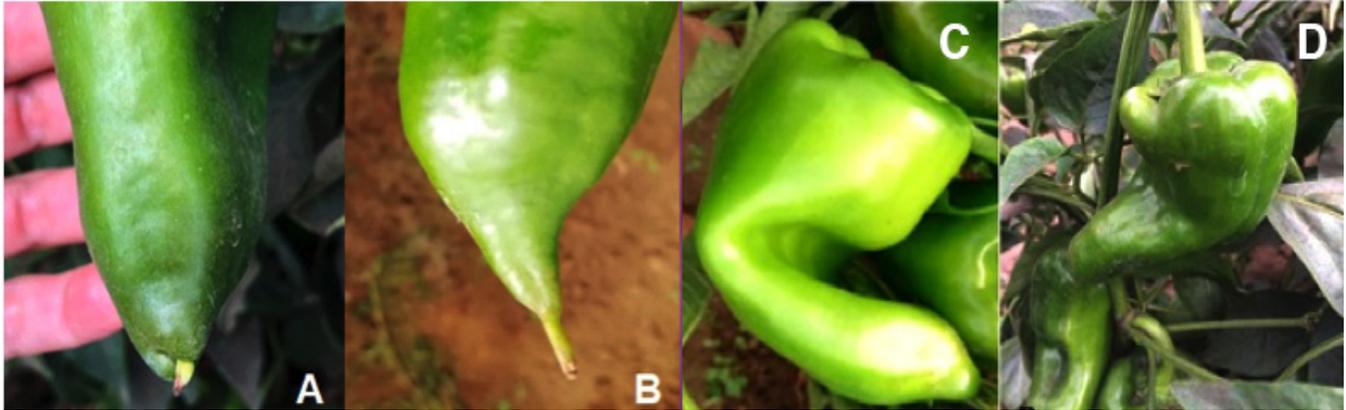


Figura 6. Protuberancia en forma de ala (A y B) y deformación del fruto (C y D) observados en chile dulce (*Capsicum annum*) var. Nathalie. Hortalizas Don Chepe, La Legua, Zarcerro, Alajuela.

Figure 6. Wing-shaped protuberance (A and B) and fruit deformation (C and D) observed in sweet pepper (*Capsicum annum*) var. Nathalie. Hortalizas Don Chepe, La Legua, Zarcerro, Alajuela.

(floración y fructificación). El estrés por condiciones climáticas afecta la fisiología y crecimiento de las plantas, lo que a su vez interfiere directa o indirectamente en el cuaje del fruto. El rango de temperatura para que las funciones y el desarrollo morfológico de la planta sean óptimos se ubica entre 25°C y 30°C. Las funciones del órgano reproductor femenino y la cantidad de polen viable merman al presentarse temperaturas superiores a 34°C e inferiores a 14-15°C especialmente durante la noche; causando deformidades en los frutos debido al trastorno del proceso reproductivo y un crecimiento pobre [17, 18].

También el crecimiento y producción del fruto se afectan por la combinación de sequía y altas temperaturas, las cuales perjudican la morfología y fisiología de la planta [17].

El fruto es un órgano con gran demanda de agua y al sufrir déficit presenta problemas como deformaciones y lesiones en sus paredes, por lo que un riego eficiente es de suma importancia en la fructificación, específicamente para el llenado del fruto [19]. Lo anterior tiene relevancia para este estudio ya que el periodo de muestreo fue durante la época de verano, y según el productor, hubo déficit hídrico para el riego de cultivos en la zona.

Estructuras como los invernaderos ofrecen condiciones de clima y ventilación óptimas para el desarrollo de los cultivos; empero, si el mantenimiento no es apropiado, su funcionalidad disminuye [20]. En este caso, el invernadero de

la finca Hortalizas Don Chepe está alejado de las condiciones óptimas, lo cual favorece la incidencia de enfermedades que disminuyen los rendimientos y el periodo productivo de las plantas.

Frutos con malformaciones, lesiones en la pared, rajaduras o corchosis tendrán una clasificación inferior en el mercado respecto a frutos de buen tamaño y sin presencia de daños [19]. Por lo anterior, el principal efecto que producen las condiciones abióticas es que reducen la calidad de los frutos y, consecuentemente, las ganancias proyectadas al inicio del establecimiento del cultivo se reducen considerablemente, lo que limita el dinero disponible para un nuevo y mejorado establecimiento del siguiente ciclo de cultivo.

Conclusiones

- En el cultivo de repollo se observó hipertrofia e hiperplasia a nivel radical y a nivel aéreo manchas foliares irregulares de color café a negro y algunas con halo clorótico, en el análisis microscópico se identificó conidios alargados, delgados hialinos, septados y multinucleados. Se diagnosticó una incidencia de 39% de *Plasmodiophora brassicae* y un 100% de *Mycosphaerella brassicicola*.
- También en repollo, se determinó la presencia de larvas en el tejido interno de las hojas, existiendo mayor herbívora en el envés y sin daños a venas o nervaduras de la lámina

foliar, diagnosticándose 83% de incidencia de *Plutella xylostella*.

- En Chile dulce se diagnosticó 100% de incidencia de *Bemisia tabaci* debido a que se observó ligeras lesiones en la base de hojas nuevas, un leve amarillamiento y deformaciones (acucharamiento) en los folíolos y en laboratorio se identificaron los especímenes recolectados.
- Se observaron frutos de Chile dulce deformados con maduración temprana y de inferior tamaño, asimismo frutos con problemas morfológicos debido a un crecimiento irregular en forma de “cola” en la parte distal de los frutos. Se diagnosticó una incidencia de 66,7% de deformación de fruto en plantas y 61,7% de protuberancias en forma de cola.

Bibliografía

- [1] Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). “IV Censo Nacional Agropecuario: Resultados generales”, Costa Rica, 2015.
- [2] C. Ramírez, J. Nienhuis. “Cultivo protegido de hortalizas en Costa Rica”, *Tecnología en Marcha*, vol. 25, no. 2, pp. 10-20, 2012.
- [3] J. Maroto, C. Baixauli. “Cultivos hortícolas al aire libre”, España: Cajamar Caja Rural, 2016.
- [4] E. Elizondo, J. Monge. “Evaluación de calidad y rendimiento de 12 genotipos de Chile dulce (*Capsicum annum* L.) cultivados bajo invernadero en Costa Rica”, *Tecnología en Marcha*, vol. 30, pp. 36-47, 2017.
- [5] G. Agrios. “Fitopatología”, México: LIMUSA, 2008.
- [6] R. Kennedy, A. Wakeham, J. Cullington. “Production and immunodetection of ascospores of *Mycosphaerella brassicicola*: ringspot of vegetable crucifers”, *Plant Pathology*, vol. 48, no. 3, pp. 297-307, 2002.
- [7] J. Webster, R. Weber. “Introduction to Fungi”, New York: Cambridge University Press, 2007.
- [8] S. Goodwin, L. Dunkle, V. Zismann. “Phylogenetic analysis of *Cercospora* and *Mycosphaerella* based on the internal transcribed spacer region of ribosomal DNA”, *Phytopathology*, vol. 91, no. 7, pp. 648-658, 2001.
- [9] P. Crous, U. Braun, J. Groenewald. “*Mycosphaerella* is polyphyletic”, *Studies in Mycology*, vol. 58, pp. 1-32, 2007.
- [10] L. Rivera, G. Fornaris, W. Robles, N. Semidey, A. Armstrong, E. Rosa, M. Comas, N. Rojas, L. Conty. “Conjunto tecnológico para la producción de repollo”. Puerto Rico: Universidad de Puerto Rico, 2014.
- [11] S. Webb, A. Niño, H. Smith. “Manejo de insectos en Crucíferas (cultivos de coles) (brócoli, repollo, coliflor, col, col rizada, mostaza, rábano, nabos)”, *EDIS*: 1-30, 2016.
- [12] M. Bujanos, A. Marin, L. Díaz, A. Gámez, M. Ávila, R. Herrera, J. Dorantes, F. Gámez. “Manejo integrado de la palomilla dorso de diamante *Plutella xylostella* (L.) en la región del Bajío, México”, INIFAP, 2013.
- [13] J. Díaz, F. Guharay, F. Miranda, J. Molina, M. Zamora, R. Zeledón. “Manejo integrado de plagas en el cultivo de repollo”, Managua: CATIE, 1999.
- [14] F. Ríos, P. Baca. “Niveles y umbrales de daños económicos de las plagas”. Honduras: INATEC, 2006.
- [15] CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). “Guía para el manejo integrado de plagas del cultivo de Chile dulce”. Turrialba: CATIE, 1993.
- [16] E. Zamora. “Algunas fisiopatías de frutos, tallos y hojas en cultivos protegidos”, *Cultivos Protegidos*, vol. 1, 1-15, 2016.
- [17] K. Madhavi, K. Shivashankara, G. Geetha, K. Pavithra. “*Capsicum* (Hot Pepper and Bell Pepper)”, In: Abiotic stress physiology of horticultural crops, N. Srinivasa, K. Shivashankara, R. Laxman. India: Springer, pp. 151-169, 2016.
- [18] N. Srinivasa, K. Shivashankara, R. Laxman. “Abiotic stress physiology of horticultural crops”, India: Springer, 2016.
- [19] G. Quesada. “Producción de Chile dulce en invernadero bajo diferentes niveles de agotamiento en la humedad del sustrato”, *Agronomía Costarricense*, vol. 39, no. 1, pp. 25-36, 2015.
- [20] A. Moreno. “Manejo y mantenimiento de invernaderos”. España: Ediciones Mundi-Prensa, 2017.

De acuerdo con la norma IEEE, este documento debe citarse:

S. A. Araya-Salas, M. Chavarría-Azofeifa, V. V. Corella-Molina, E. Garro-Monge, J. D. Rodríguez-Arce, J. M. Solís-Salazar, M. A. Rodríguez-Valenciano, “Evaluación fitosanitaria en dos sistemas de producción hortícola en Zarcero, Alajuela, Costa Rica”, *Revista AgroInnovación en el Trópico Húmedo*, vol. 3 no. 1, pp. 14-23, 2022. DOI: 10.18860/rath.v3i1.6504.