



Resistencia de cultivares de berenjena (*Solanum melongena* L.) a *Tetranychus ludeni* (Acari:Tetranychidae)¹

Resistance of eggplant (*Solanum melongena* L.) cultivars to *Tetranychus ludeni* Zacher (Acari:Tetranychidae)

Janeth Alexandra Sierra-Monroy², Oscar Burbano-Figueroa³, Liliana María Grandett-Martínez⁴,
María del Valle Rodríguez-Pinto⁴, Lilibet Tordecilla-Zumaqué⁴, José Antonio Rubiano-Rodríguez⁵

- ¹ Recepción: 1 de junio, 2020. Aceptación: 27 de octubre, 2020. Este trabajo forma parte de un proyecto de investigación ejecutado por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).
- ² Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Centro de Investigación Turipaná, Grupo de Investigación Sistemas Agrícolas del Trópico (SAT), Km 13 Vía Montería - Cereté, Córdoba, 230558, Colombia. jaalexandrasierramonroy@gmail.com (autora para la correspondencia, <https://orcid.org/0000-0001-9848-2527>).
- ³ Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Centro de Investigación Turipaná, The Plant Interactions Laboratory, Km 13 Vía Montería - Cereté, Córdoba, 230558, Colombia. oburbano@agrosavia.co, burbano.figueroa1@gmail.com (<https://orcid.org/0000-0002-6604-7333>).
- ⁴ Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Centro de Investigación Turipaná, Km 13 Vía Montería - Cereté, Córdoba, 230558, Colombia. lgrandett@agrosavia.co (<https://orcid.org/0000-0002-9755-2017>), mdelvdrodriguez@agrosavia.co (<https://orcid.org/0000-0002-4820-8287>), ltordecilla@agrosavia.co (<https://orcid.org/0000-0003-0263-6427>).
- ⁵ Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Centro de Investigación La Selva, Kilómetro 7, Vía a Las Palmas, vereda Llano Grande, Antioquia, 054047, Colombia. jrubiano@agrosavia.co (<https://orcid.org/0000-0002-2145-4162>).

Resumen

Introducción. La berenjena *Solanum melongena* L. (Solanales: Solanaceae), es uno de los cultivos de hortalizas más importantes del Caribe Colombiano. Cultivo afectado por el ácaro rojo *Tetranychus ludeni* (Acari:Tetranychidae) el cual causa pérdidas económicas asociadas al rendimiento y contaminación ambiental por sobredosificaciones de acaricidas, lo que repercute en la salud de los agricultores y su familia. **Objetivo.** Evaluar la resistencia de siete materiales de berenjena a infestaciones artificiales de *T. ludeni* en condiciones de campo e invernadero. **Materiales y métodos.** El estudio se desarrolló entre abril y octubre de 2017 en el Centro de Investigación Turipaná de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). Los genotipos evaluados fueron las variedades Corpoica C029, Corpoica C015, las accesiones C036, C025, C049, y los cultivares regionales Buelvas y González; en campo e invernadero bajo un diseño en bloques completos al azar en tratamientos con cuatro repeticiones. **Resultados.** Las pruebas de campo mostraron diferencias significativas en la densidad poblacional de ácaros entre los materiales ($F=4.42$; $p<0.0004$), donde C025 tuvo los mayores valores y Buelvas los menores. La prueba de invernadero reveló diferencias en la densidad poblacional de ácaros entre materiales, con mayor población el cultivar C036 y con menor Buelvas. **Conclusiones.** Los cultivares regionales Buelvas y González exhibieron resistencia contra *T. ludeni*, proporcionando evidencia que existió resistencia a *T. ludeni* en campo en los materiales regionales de berenjena del Caribe colombiano. Las pruebas bajo invernadero, con las mayores densidades del ácaro, ofrecieron mayor poder discriminatorio y se sugieren en la fase inicial de evaluación completa del banco de germoplasma. Se sugiere el uso del cultivar Buelvas como genotipo resistente y C036 como genotipo de referencia susceptible a *T. ludeni* en futuros ensayos experimentales. Buelvas se recomienda como genotipo de referencia en razón de la estabilidad de la resistencia que mostró en campo e invernadero y asociada a mayores rendimientos.

Palabras claves: Caribe colombiano, ácaro rojo, cultivares regionales, resistencia de campo.



Abstract

Introduction. Eggplant (*Solanum melongena* L. (Solanales: Solanaceae), one of the major vegetable crops in the Colombian Caribbean, is attacked by spider mites (*Tetranychus ludeni* (Acari: Tetranychidae) causing notable reductions in yield. Besides the substantial economic losses related to yield reduction, its control provokes environmental contamination due to excessive use of acaricide affecting the health of farmers and their families. **Objective.** The purpose of this study is to assess the resistance of seven eggplant cultivars to *T. ludeni* on field and greenhouse assays. **Materials and methods.** Eggplant landraces (Buelvas and Gonzalez), cultivars (C029 and C015), and breeding lines (C036, C025, C049) were assessed for resistance to *T. ludeni*. Field and greenhouse resistance assays were conducted in a randomized complete block design on field and greenhouse conditions (four replications for each accession). **Results.** Field assays showed significant differences in mite population density between eggplant cultivars ($F=4.42$; $p<0.0004$). C025 presented the highest mite population density while Buelvas had the lowest density. In the greenhouse assays, Buelvas showed lower mite density in comparison with the density observed in cultivar C036. **Conclusions.** Buelvas and Gonzalez exhibited resistance against *T. ludeni* providing evidence of the occurrence of field resistance in eggplant landraces from the Colombian Caribbean. The greenhouse assays, performed at high levels of mite density, offered greater discriminatory power and they are suitable for inclusion in the early phase of germplasm screening. We recommend the inclusion of cv. Buelvas as resistant reference genotype, and C036 as susceptible reference genotype in future screening trials. Cultivar Buelvas is recommended as reference genotype due to its reliable resistance level in field and greenhouse assays and its high yield.

Keywords: Colombian Caribbean, red mites, regional cultivars, field resistance.

Introducción

La berenjena *Solanum melongena* L. (Solanales: Solanaceae) es un cultivo cosmopolita con un área de 1 847 787 millones de hectáreas, y una producción de 55 197 878 t ha⁻¹ a nivel mundial (Food and Agriculture Organization, 2021). El área de este cultivo en Colombia está estimada en 600 ha con un rendimiento promedio de 7,6 t ha⁻¹ (Red de Información y Comunicación del Sector Agropecuario Colombiano, 2020), la cual se encuentra concentrada en los departamentos de la región Caribe: Córdoba, Bolívar, Magdalena y Sucre (Araméndiz, 2008). El rendimiento de los cultivos de berenjena en esta región es limitado por factores bióticos, especialmente por la presencia de plagas como la mosca blanca (*Bemisia tabaci*), el picudo (*Faustinus* spp.), el gusano comedor de follaje (*Spodoptera* spp.), el rayador del fruto (*Thrips palmi*), las chinches de encaje (*Corythaica cyathicollis* y *Corytucha* sp.), el cucarroncito (*Diabrotica* sp.), la hormiga candelilla (*Solenopsis* sp.) y el ácaro rojo (AR) (*Tetranychus ludeni*). Esta última plaga, es la de mayor valor económico, especialmente en la época de verano, debido a que ocasiona reducciones en el rendimiento de hasta el 50% (Burbano-Figueroa et al., 2020; Martínez-Reina et al., 2019; Tapia-Coronado et al., 2015). El ácaro *T. ludeni*, es controlado con insecticidas sintéticos de amplio espectro y alta residualidad, lo cual representa una amenaza de contaminación ambiental, especialmente de las fuentes hídricas (Martínez-Reina et al., 2019a).

El ácaro rojo *T. ludeni* Zacher (Acari: Tetranychidae) es una plaga ampliamente distribuida en los trópicos con un extenso rango de hospederos (Adango et al., 2006; Bolland, 1998; Mendonça et al., 2011). Estudios previos han reportado ataques de este ácaro a cultivos de berenjena en otras regiones productoras del mundo (Mesa, 1999; Migeon & Dorkeld, 2018; Reddy & Baskaran, 2006). Este artrópodo se alimenta de las células de la planta, lo que causa clorosis en las hojas y pérdida del área foliar especialmente cuando las poblaciones son altas. La pérdida de área foliar lleva a la reducción del área fotosintética y la disminución del crecimiento vegetativo y producción de frutos (Alvarenga et al., 2014).

El desarrollo de variedades resistentes es un elemento esencial en la implementación de los programas de manejo integrado de plagas (MIP) (Cook et al., 2006; Smith & Chuang, 2014; Wiseman, 1994). La adopción de estas contribuye a la disminución de las poblaciones regionales de plagas y reduce el uso exclusivo de pesticidas como herramienta de control, que se considera el principal mecanismo por el cual los artrópodos plaga han desarrollado resistencia a los pesticidas sintéticos (Nauen et al., 2019; Stout & Davis, 2009). Varios mecanismos de resistencia han desarrollado las plantas en su lucha contra los ácaros y otros organismos fitófagos: detener, inhibir o matar usando mecanismos que van desde el rango de obstrucción física hasta la producción de metabolitos secundarios o proteínas que atacan directamente a la plaga (Blaazer et al., 2018). Diferencia en susceptibilidad de genotipos y la selección del hospedero que determina el nivel de infestación por parte de la plaga, es un proceso complejo influenciado por diversos factores, como pueden ser las características genéticas, sustancias químicas y la morfología (como la presencia de tricomas, densidad y tamaño de los estomas y contenido de cera epicuticular) (Jin et al., 2016; Kos et al., 2014; Leimu & Koricheva, 2006; Nair et al., 2012).

El paso inicial para obtener cultivares comerciales resistentes a plagas, es la búsqueda en colecciones de germoplasmas con dicha característica (Panda & Khush, 1995; Smith, 2005). La resistencia de las plantas a los artrópodos es el resultado final de rasgos heredados genéticamente que hacen que un cultivar resistente sea menos afectado que otro considerado susceptible que carece de estas características. Esto es observado en ensayos de infestación (campo, invernadero o laboratorio) como una distribución continua de daño o población del artrópodo en la colección de cultivares evaluados y es denominada resistencia de campo. Este término describe exclusivamente la variación fenotípica observada sin referencias mecanicistas, funcionales o genéticas responsables de la variación observada. La propiedad resistente siempre debe ser mediada en una escala relativa ordinal en comparación con un cultivar (o cultivares) control de mayor susceptibilidad que será dañado severamente y materiales de resistencia conocida. Las mediciones relativas son necesarias, dado que la resistencia es influenciada por factores ambientales y la densidad poblacional de la plaga (Panda & Khush, 1995; Smith, 2005). Reportes previos han descrito la presencia de resistencia en colecciones de cultivares de berenjena a especies del género *Tetranychus* incluyendo a *ludeni* (Arora et al., 2020; Jin et al., 2016; Khanamani et al., 2012; 2014; Reddy & Baskaran, 1991; 2006; Taher et al., 2019).

El sistema de producción de berenjena en el Caribe colombiano utiliza cultivares regionales. Un cultivar regional es una población de una especie vegetal adaptada por los agricultores a una área ecogeográfica específica (Casañas et al., 2017). Estos cultivares regionales no han sido evaluados por resistencia a plagas y patógenos y su producción está destinada a abastecer el mercado regional. Una colección de accesiones de estos cultivares regionales ha sido creada con el propósito de desarrollar cultivares de berenjena con frutos de características deseables para el mercado internacional (Cadena et al., 2011). A partir de esta colección, dos accesiones para el mercado local se seleccionaron de manera participativa con los agricultores, registradas y liberadas por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) como las variedades Corpoica C015 y Corpoica C029, de las cuales se destacan su adopción y aceptación por sus rendimientos y aceptabilidad en el mercado (Cadena et al., 2011; Martínez-Reina et al., 2019b). En este contexto, el objetivo de este estudio fue evaluar la resistencia de siete materiales de berenjena a infestaciones artificiales de *T. ludeni* en condiciones de campo e invernadero.

Materiales y métodos

Localidad

Este estudio se desarrolló en el Centro de Investigación Turipaná de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), ubicado en el Municipio de Cereté, Córdoba, Colombia (coordenadas decimales: 8,850547, -75,817519) durante los meses de abril y octubre del año 2017. Esta zona presenta altitud de 20 m, precipitación promedio anual de 1287 mm, temperatura media anual de 27,8 °C, evapotranspiración potencial anual de 1411 mm y humedad relativa de 81 % (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, n.d.), y un clima de sabana tropical húmeda (Aw), de acuerdo con la clasificación Köppen (Beck et al., 2018).

Materiales de berenjena

Se emplearon siete materiales de berenjena que tienen su origen en cultivares tradicionales usados por los agricultores en el Caribe Colombiano. Cinco de estas accesiones fueron colectadas y purificadas por selección masal en AGROSAVIA e incluye las variedades Corpoica C029 (Registro ICA 000318) y Corpoica C015 (Registro ICA 000314) (Cadena et al., 2011), y los genotipos C036, C025, C049. Dos accesiones más fueron colectadas para esta investigación a partir de cultivares regionales. Estas accesiones se identificaron con el primer apellido de sus tenedores: Buelvas y González. Ninguno de los genotipos usados en esta investigación ha sufrido proceso de mejoramiento genético (cruzamientos y selección). Las variedades de AGROSAVIA son purificaciones de las poblaciones de berenjena usadas en la región, en ese sentido, puede todavía considerarse cultivares regionales (Casañas et al., 2017).

Desarrollo de cría masiva de ácaros

Colecta

Para la cría masiva de los ácaros se emplearon bolsas ziploc (10x12 cm), se colectaron hojas de berenjena con presencia de ácaros tomando cinco puntos o plantas al azar, en seis fincas productoras entre los municipios de Montería (Finca 1: 08°49'095" N, 76°47'064" W; Finca 2: Faro I 08° 805'64" N 75°823'74" W), Cereté (Finca 3: Las Camelias 09°830'62" N 75° 775'70" W; Finca 4: 08°50'917" N 75°44'694" W; Finca5: 08° 50'452" N 75°44'43" W) y San Pelayo (Finca 6: La Esperanza 89°51'05" N 75°58'170" W) en el departamento de Córdoba, Colombia.

Identificación

Los ácaros presentes en las hojas, se llevaron al laboratorio de Entomología del Centro de investigación Turipaná, en el cual se realizó inicialmente eliminación de ácaros depredadores, selección y montajes de adultos machos y hembras en medio de Hoyer; posteriormente, se secaron en horno por 72 h a 45 °C. Finalmente, mediante un microscopio de contraste de fases (Nikon Eclipse Ci-L) y las claves de Baker & Tuttle (1994) y Vacante (2009), se realizó la identificación taxonómica confirmando la especie *T. ludeni*.

Cría de ácaros rojo

Bajo condiciones de invernadero ($69\pm 2,5$ % HR, $36\pm 0,96$ °C), en el centro de investigación Turipaná, los ácaros identificados se emplearon para iniciar la cría en plantas de berenjena de la variedad Corpoica C015 de 45 días de emergencia con manejo agronómico convencional (Tapia-Coronado et al., 2015) durante cinco generaciones poblacionales.

Ensayo en condiciones de campo

Establecimiento de parcelas

Se establecieron en el campo (valores promedio de humedad relativa de 74,9 % y de temperatura de 28,4 °C) las parcelas experimentales bajo un diseño de bloques completos al azar en un área de 2300 m², con siete tratamientos y cuatro repeticiones. Cada repetición estaba conformada por 66 plantas en un área de 50 m², cada planta se sembró a 1 m x 1 m. Todo el ensayo se delimitó a partir de 3 m de distancia entre el borde de las parcelas y la barrera viva de maíz amarillo Corpoica V-114, sembrado en dos líneas a 0,2 m x 0,3 m, para evitar el paso de ácaros provenientes de otros cultivos. El manejo agronómico de las parcelas experimentales se realizó siguiendo las recomendaciones previamente desarrolladas por Tapia-Coronado et al. (2015).

Evaluación de las parcelas

Se infestaron tres plantas centrales con 150 a 200 ácaros por parcela, de los 39 hasta los 76 días después del trasplante (DDT), con intervalos semanales hasta completar cinco infestaciones (Gore et al., 2013). Para la evaluación de *T. ludeni*, en cada unidad experimental se seleccionaron diez plantas de los surcos centrales, se tomó una hoja al azar del tercio medio y una del tercio superior, se realizó el conteo directo de hembras adultas del ácaro, por ser la de mayor tamaño y fácil de detectar en campo, con tres campos de lectura en cada hoja. Se reportaron los datos como densidad de ácaros/hoja por 4,9 cm² de área foliar. Cada ocho días se realizaron los muestreos, el inicio de estos fue a los 54 DDT hasta la décima semana de cosecha (Reddy, 2001).

Estimación de rendimiento

Las plantas de berenjena se cosecharon semanalmente a partir del inicio del periodo de producción (80 DDT) durante diez semanas. El rendimiento semanal se determinó a partir del peso de los frutos de seis plantas por parcela y se reportó en kg planta⁻¹.

Ensayo en condiciones de invernadero

Diseño experimental

Con el fin de complementar la información de campo, se estableció un bioensayo bajo cubierta con control de la precipitación y radiación solar con valores de humedad relativa de $61,55\pm 2,5$ % y temperatura de $33,62\pm 0,96$ °C, ajustando la metodología de Reddy & Baskaran (2006), bajo un diseño de bloques completos al azar, con los siete materiales evaluados en campo. Cada unidad experimental (UE) se conformó agrupando tres plantas por material, sembradas individualmente en bolsas de vivero de 5 kg de suelo, con cuatro repeticiones, distanciadas a 2 m entre grupo de plantas x 3 m entre surcos, con el objetivo de evitar el cruce de ácaros entre UE.

Infestaciones

Transcurrido quince días después de la siembra (DDS) se infestó cada planta con 50 ejemplares de *T. ludeni* provenientes del área de cría, para un total de 150 ácaros hembras por unidad experimental. La cuantificación de la población del ácaro se realizó dos semanas después de la infestación, con intervalos de ocho días hasta los 56 días después de trasplante (DDT). Para el conteo de las hembras adultas, en cada planta se escogió una hoja del tercio inferior, una del medio y otra del tercio superior, a las cuales se les tomaron tres campos de lectura. Los datos se reportaron como densidad de ácaros por 4,9 cm² de área foliar. En el experimento en invernadero no se tomaron datos de rendimiento, debido a que los cultivares regionales usados en este ensayo requieren la acción de insectos para obtener porcentajes apropiados de polinización cruzada que aseguren la formación de frutos. Esto es un fenómeno previamente reportado en cultivares de berenjena con características florales específicas (Regal, 1982; Tatis et al., 2009).

Desarrollo de la escala de resistencia

El desarrollo de estas pruebas requiere altas poblaciones de ácaros que permitan al investigador observar las diferencias entre materiales (Smith, 2005). Para asegurar tal condición los ensayos en campo e invernadero fueron infestados con poblaciones de ácaros, para una distribución uniforme de los ácaros y una adecuada infestación.

Las variaciones en la densidad poblacional de *T. ludeni* en los diferentes materiales de berenjena pueden ser utilizadas para construir escalas normalizadas de resistencia. Estas escalas permiten comparar experimentos en diferentes condiciones (invernadero o campo), o desarrollados en diferentes localidades con múltiples variedades. Además, usa un cultivar susceptible como referencia a todos los experimentos y ha resultado ser efectiva para describir resistencia de campo (horizontal) en múltiples eventos de interacciones de plantas (Andreu et al., 2010; Holdsworth et al., 2014; Sinniah et al., 2016; Willocquet et al., 2011; 2017; Yuen & Forbes, 2009).

La resistencia se estimó con base en una escala normalizada ordinal desarrollada a partir de la evaluación de las densidades poblacionales del ácaro en los diferentes materiales en pruebas de campo e invernadero. Para crear la escala se usaron los datos de densidad poblacional, donde la variedad en la cual el ácaro alcanzó las densidades poblacionales más altas en el ensayo de campo e invernadero se escogió para fijar el punto medio. El genotipo con los menores valores de densidad poblacional de *T. ludeni* en la prueba de campo fue etiquetado como la variedad resistente de dicha escala (Moreno-Moran & Burbano-Figueroa, 2019).

Se asignaron valores de 0,5 a 1,0, donde los más altos representan una resistencia más elevada. La escala se encuentra diseñada para expandirse hasta 0,0, si se identifican cultivares más susceptibles, o hasta 1,5, si se detectan cultivares de berenjena completamente resistentes a *T. ludeni*. Los valores observados de la escala (0 – 1,5) son linealmente proporcionales a las diferencias observadas en densidad poblacional entre los cultivares evaluados en campo, se seleccionaron porque facilitan la comprensión de los puntajes asignados a los cultivares. Los puntajes de resistencia son preferidos a las medidas directas de la resistencia (densidad poblacional del insecto), porque como valores ordinales son independientes de las condiciones específicas de cada experimento (Smith, 2005).

El cultivar que exhibió los menores valores de densidad de ácaros en los ensayos de invernadero y campo (C_{min}), se seleccionó como el genotipo común de referencia y se utilizó como antecedente para transformar los datos de densidad poblacional de ácaros en puntajes de resistencia. Se transformó los valores de densidad poblacional a los valores de la escala de resistencia usando la siguiente ecuación: $RSC_x = (1 - ((MD_x - MD_{C_{min}}) / MD_{C_{min}})) + 0,5$, donde RSC_x es el puntaje de resistencia (resistant score) asignado a un cultivar específico, MD_x son los valores de densidad de ácaros (mites density) para un cultivo específico y $MD_{C_{min}}$ representan los valores de densidad de ácaros del cultivar con menor valor en densidad de ácaros en cada experimento (Moreno-Moran & Burbano-Figueroa, 2019).

Análisis estadístico

Para los datos de densidad poblacional tanto en invernadero como en campo se probó la normalidad de los datos mediante la prueba de Shapiro-Wilks. Debido a que no se presentó normalidad en los datos de campo, el número de ácaros por hoja en las diferentes fechas de siembra en el experimento se transformó con \log_{10} para obtener normalidad. Para observar el efecto de los cultivares sobre la densidad poblacional de ácaros en campo e invernadero y la variación en rendimiento, se realizó un análisis de varianza unifactorial ($p < 0,05$) y el test post hoc de LSD Fisher a un nivel de probabilidad del 5 %, para ello, se empleó el programa InFostat versión 2017 (Di-Rienzo et al., 2017). Los datos de densidad poblacional en campo usados para evaluar la resistencia de materiales corresponden a los valores más altos registrados en todo el experimento.

Resultados

Densidad poblacional de ácaros en pruebas de campo

Durante la prueba de campo se observaron diferencias significativas en las densidades poblacionales de *T. ludeni*, con los materiales Buelvas y González, exhibiendo las menores poblaciones promedio de $0,70 \pm 0,49$ y $0,86 \pm 0,6$ ácaros por $4,9 \text{ cm}^2$ de hoja, respectivamente, en el periodo de mayor infestación (107-135 días) ($F = 4,42$; $p < 0,0004$) (Cuadro 1).

Densidad poblacional de ácaros en invernadero

El ensayo de materiales de berenjena infestados con el ácaro *T. ludeni* mostró diferencias significativas entre los materiales ($F = 6,12$; $p < 0,0001$), presentando los genotipos Buelvas, C049 y González las menores poblaciones (Cuadro 1).

Rendimiento en la prueba de campo

El rendimiento mostró diferencias estadísticamente significativas entre los materiales evaluados ($F = 2,49$; $p < 0,0259$). Los genotipos C015, Buelvas y C049 tuvieron rendimiento ($0,18 \pm 0,09$, $0,17 \pm 0,09$ y $0,16 \pm 0,09$ kg planta⁻¹ semana⁻¹) significativamente mayor que el material C025 ($p < 0,05$), mientras que los materiales C036 y González no presentaron diferencia estadística con ninguno de los materiales (Cuadro 1).

Resistencia

Las densidades poblacionales del ensayo en invernadero fueron diez veces más grandes que las obtenidas en las pruebas de campo. Estos resultados se pueden deber a las diferencias ambientales de ambos ensayos: la temperatura en invernadero fue de 33°C en promedio con protección de la lluvia y en campo de 28°C .

Ambas pruebas permitieron clasificar los materiales en una escala ordinal de resistencia de acuerdo a la densidad poblacional de ácaros usando el cultivar C036 como *Cmin*. El uso de una escala ordinal permite comparar las pruebas de campo e invernadero a pesar de las diferencias en escala de densidad poblacional de ácaros y condiciones de desarrollo de la prueba. La Figura 1 muestra una comparación entre los puntajes de resistencia de las variedades a partir de los datos de campo e invernadero. Como se observa los materiales Buelvas y González

Cuadro 1. Promedio de ácaros rojos *Tetranychus ludeni* Zacher (Acari:Tetranychidae) en hojas de materiales de berenjena (*Solanum melongena* L.) y rendimiento promedio. Centro de Investigación Turipaná, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Colombia. 2017.

Tabla 1. Average number of red mites *Tetranychus ludeni* Zacher (Acari:Tetranychidae) on leaves of eggplant (*Solanum melongena* L.) cultivars and yield by genotypes. Turipaná Research Center, Colombian Corporation for Agricultural Research (AGROSAVIA), Colombia. 2017.

Materiales de berenjena	Ensayo de campo		Ensayo de invernadero
	Densidad poblacional (ácaros/4,9 cm ² hoja*)	Rendimiento (kg planta ⁻¹ semana ⁻¹)	Densidad poblacional (ácaros/4,9 cm ² hoja)
Buevas	0,70±0,49 a**	0,17±0,09 c	10,42±9,66 a
González	0,86±0,6 ab	0,14±0,09 abc	13,11±12,33 abc
C029	1,03±0,32 bc	0,12±0,09 ab	15,99±12,67 de
C015	1,07±0,38 bc	0,18±0,09 c	15,54±10,79 cde
C036	1,08±0,35 bc	0,16±0,09 abc	16,83±13,64 e
C049	1,20±0,37 c	0,16±0,09 bc	11,39±10,31 ab
C025	1,29±0,43 c	0,12±0,08 a	13,81±12,28 bcd

* Valor promedio ± desviación estándar. ** Las medias que tienen la misma letra son no significativas / * Average value ± standard deviation. ** Means following the same letter are not significant.

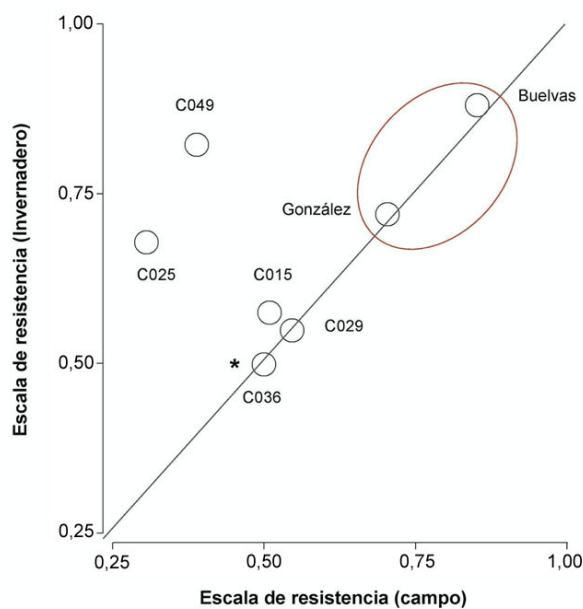


Figura 1. Comparación de los ensayos de campo e invernadero donde se evaluó la resistencia de cultivares de berenjena (*Solanum melongena* L.) al ácaro rojo *Tetranychus ludeni* Zacher (Acari:Tetranychidae). Centro de Investigación Turipaná, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Colombia. 2017.

Los datos de resistencia de cada cultivar se presentan en puntajes de escala ordinal de resistencia usando el cultivo C036 (marcado con un asterisco) como referencia para normalizar la escala. La línea diagonal describe una correlación de uno para las escalas en comparación.

Figure 1. Comparison of resistance scores for seven eggplant cultivars against *Tetranychus ludeni* in field and greenhouse conditions. Turipaná Research Center, Colombian Corporation for Agricultural Research (AGROSAVIA), Colombia. 2017.

Resistance data for each cultivar is presented in ordinal resistance scale scored using C036 culture (marked with an asterisk) as a scale reference. The diagonal line describes a correlation of one for the scales in comparison.

mostraron una mayor resistencia al ácaro, mientras que los materiales C049 y C025 exhibieron discrepancia en el puntaje de resistencia entre los datos de campo e invernadero. El resto de materiales evaluados fueron susceptibles al ataque del ácaro (Figura 1).

Discusión

Hubo resistencia de campo a *T. ludeni* en una colección de cultivares regionales de berenjena del Caribe Colombiano. Los cultivares de berenjena Buelvas y González exhibieron resistencia a esta plaga, y tres materiales exhibieron susceptibilidad, datos que sugieren que el uso de genotipos adaptados a la zona son claves en trabajos de mejoramiento (Jin et al., 2016). Se observó un comportamiento diferente en dos variedades evaluadas en el grado de resistencia al ácaro rojo entre las pruebas de campo e invernadero. Mayor densidad del ácaro fue alcanzada en los ensayos de invernadero que en las pruebas de campo. Estos últimos resultados pueden explicarse por diferencias en temperatura y humedad entre los dos ensayos. Estudios previos mostraron que la temperatura afecta positivamente la densidad de las poblaciones de ácaros, mientras la humedad ejerce efectos negativos, resultando en mayores poblaciones de ácaros en condiciones protegidas que en campo (Kumar et al., 2014; Lugo-Sánchez et al., 2019).

La resistencia de campo es la expresión fenotípica de la resistencia cuantitativa codificada por *loci* de caracteres cuantitativos (QTLs, *Quantitative Trait Loci*), en este caso particular, aquellos que codifican para características de resistencia a insectos (Zogli et al., 2020). La discrepancia entre las escalas de resistencia obtenidas en campo e invernadero para los materiales C025 y C049 (Figura 1), puede ser explicada por la naturaleza cuantitativa de la resistencia de campo y dependiente de la densidad de la plaga. La resistencia completa o casi completa en ambientes que benefician a la plaga requiere de la combinación de numerosos genes. La tendencia general, es que la resistencia es dominante a bajas densidades de la plaga, mientras la susceptibilidad es dominante a altas densidades, por lo que la selección debe llevarse a cabo por eliminación de genotipos susceptibles a altos niveles de infestación (Blum, 1969; Smith, 2005). Siguiendo esta recomendación, la prueba de invernadero ofrece mayor discriminación con el propósito de eliminar genotipos susceptibles, que en este caso serían las accesiones C015, C036, y C029 (Figura 1). La discrepancia observada es el resultado de la limitada capacidad discriminatoria del ensayo en campo en comparación con el de invernadero.

Este estudio es una evaluación preliminar con el propósito de proveer evidencia de resistencia a *T. ludeni* en los cultivares locales de berenjena. Se incluyeron cinco (dos accesiones que fueron colectadas para esta investigación) genotipos de las 64 accesiones que conforman el banco de germoplasma local (Cadena et al., 2011). La evaluación completa de la colección puede ofrecer materiales con mayores niveles de resistencia a los aquí presentados. En términos de optimizar recursos de investigación, la evaluación más adecuada sería la estimación de la resistencia de todos estos materiales bajo condiciones de invernadero, donde es posible alcanzar altas densidades de población del ácaro y facilitar la identificación de los materiales susceptibles y su eliminación (Smith, 2005). Estas pruebas deben incluir al menos uno de los cultivares aquí presentados como resistentes o susceptibles y calificados en concordancia con la escala propuesta. Los materiales seleccionados pueden entonces ser incorporados a los programas de mejoramiento locales de hortalizas como una fuente de resistencia para ácaros.

Una vez que los cultivares resistentes hayan sido identificados, la resistencia debe ser evaluada en pruebas de campo multiregionales o en repeticiones en el tiempo. A esta escala de experimentación es necesario considerar otra categoría de interacción adicional a la resistencia denominada tolerancia (Peterson et al., 2017). La tolerancia se usa para describir plantas (en términos de parcela o población) capaces de soportar altos niveles de infestación sin pérdidas observables de rendimiento con base en un mecanismo de compensación (Smith, 2005; Stout, 2013; Mitchell et al., 2016; Sperotto et al., 2018). En este estudio, los materiales Buelvas y C015 presentaron los mayores rendimientos, pero difirieron en sus niveles de resistencia. Mientras Buelvas mostró significativamente valores altos

de resistencia, C015 exhibió los niveles más bajos. Este contraste de alto rendimiento y baja resistencia sugiere la presencia de tolerancia al ataque de *T ludeni* en el cultivar C015. Este reporte de tolerancia en los cultivares regionales de berenjena debe ser validado en ensayos multiregionales.

Conclusiones

Hubo resistencia de campo al ácaro *T. ludeni* en los cultivares locales de berenjena del Caribe colombiano. Este hallazgo es importante para los programas locales de mejoramiento de berenjena y específicamente en el corto plazo para justificar la evaluación completa de las accesiones disponibles en el banco de germoplasma. Además, ha provisto de una metodología para la evaluación de esta resistencia en campo e invernadero, y de una escala ordinal que puede ser ampliada fácilmente para incluir nuevos cultivares.

Con base en las mayores densidades del ácaro que se obtuvieron en invernadero, las pruebas bajo estas condiciones ofrecieron mayor poder discriminatorio y se sugieren en la fase inicial de evaluación completa del banco de germoplasma.

El cultivar Buelvas se sugiere para futuros ensayos experimentales como genotipo de referencia resistente, en razón de la estabilidad de la resistencia que mostró en el campo e invernadero y asociada a mayores rendimientos, y como genotipo susceptible el C036.

Agradecimientos

Se expresan los agradecimientos a la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) y el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) por financiar el proyecto Recomendaciones técnicas para el manejo fitosanitario de los sistemas hortícolas Berenjena, Ají Topito, Ahuyama y Frijol, bajo un enfoque de inocuidad y sostenibilidad económica en la región Caribe Colombiana del cual se obtuvo la información que se puede compartir en este documento.

Referencias

- Adango, E., Onzo, A., Hanna, R., Atachi, P., & James, B. (2006). Comparative Demography of the Spider Mite, *Tetranychus ludeni*, on Two Host Plants in West Africa. *Journal of Insect Science*, 6(1), Article 49. <https://doi.org/10.1673/031.006.4901>
- Alvarenga, M., Luan, S., Godano, M., Monteiro, B., Reis, T., Amato, R., & Monteiro, M. (2014). Injury of *Tetranychus ludeni* (Acari: Tetranychidae) on *Physalis peruviana* (Solanaceae) crops in Diamantina, Brazil. *Revista Colombiana de Entomología*, 40(2), 187–189. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-04882014000200010&lng=en&nrm=iso
- Andreu, A. B., Caldiz, D. O., & Forbes, G. A. (2010). Phenotypic Expression of Resistance to *Phytophthora infestans* in Processing Potatoes in Argentina. *American Journal of Potato Research*, 87(2), 177–187. <https://doi.org/10.1007/s12230-009-9121-z>
- Araméndiz, H. (2008). *El cultivo de la berenjena (Solanum melongena L.)*. Universidad de Córdoba.
- Arora, S., Bronkema, C., Porter, J. R., Mottrie, A., Dasgupta, P., Challacombe, B., Rha, K. H., Ahlawat, R. K., Capitanio, U., Yuvaraja, T. B., Rawal, S., Moon, D. A., Sivaraman, A., Maes, K. K., Porpiglia, F., Gautam, G., Turkeri, L., Bhandari, M., Jeong, W., ... Abdollah, F. (2020). Omission of cortical renorrhaphy during robotic partial nephrectomy: a

- Vattikuti Collective Quality Initiative (VCQI) database analysis. *Urology*, *146*, 125-132. <https://doi.org/10.1016/j.urology.2020.09.003>
- Baker, E. W., & Tuttle, D. M. (1994). *A guide to the spider mites (Tetranychidae) of the United States*. Indira Publishing House.
- Beck, H. E., Zimmermann, N. E., McVicar, T. R., Vergopolan, N., Berg, A., & Wood, E. F. (2018). Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. *Scientific Data*, *5*, Article 180214. <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214>
- Blaazer, C. J. H., Villacis-Perez, E. A., Chafi, R., Van Leeuwen, T., Kant, M. R., & Schimmel, B. C. J. (2018). Why do herbivorous mites suppress plant defenses? *Frontiers in Plant Science*, *9*, Article 1057. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01057>
- Blum, A. (1969). Oviposition preference by the sorghum shoot fly (*Atherigona varia soccata*) in progenies of susceptible × resistant sorghum crosses. *Crop Science*, *9*(6), 695–696. <https://doi.org/10.2135/cropsci1969.0011183X000900060005x>
- Bolland, H. R. (1998). *World catalogue of the spider mite family: (acari: Tetranychidae)*. Brill.
- Burbano-Figueroa, O., Sierra-Monroy, J. A., & David Hinestroza, A. (2020). *Simulación probabilística de ingresos monetarios obtenidos en cultivos del sistema irrigado de producción de hortalizas del Valle del Sinú Colombia*. AgriXiv. <https://doi.org/10.31220/osf.io/tc694>
- Cadena, J., Gomez, G., Martínez, F., Ibañez, K., Castillo, O., Correa, E. M., & Aramendiz, H. (2011). *Selección de cultivares competitivos de berenjena para los mercados nacionales y de exportación, con adaptación a las condiciones del Caribe colombiano*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria.
- Casañas, F., Simó, J., Casals, J., & Prohens, J. (2017). Toward an evolved concept of landrace. *Frontiers in Plant Science*, *8*, Article 145. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00145>
- Cook, S. M., Smart, L. E., Martin, J. L., Murray, D. A., Watts, N. P., & Williams, I. H. (2006). Exploitation of host plant preferences in pest management strategies for oilseed rape (*Brassica napus*). *Entomologia Experimentalis et Applicata*, *119*(3), 221–229. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2006.00419.x>
- Di-Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., & Robledo, C. W. (2017). *InfoStat versión 2017 (Version 2017) [Computer software]*. Infostat Group, Universidad Nacional de Cordoba.
- Food and Agriculture Organization. (2021). *Producción/Rendimiento de Berenjenas en Mundo + (Total) 2019*. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize>
- Gore, J., Cook, D., Catchot, A., Musser, F., Stewart, S., Leonard, R., Lorenz, G., Stuebaker, G., Akin, D., Tindall, K., & Jackson, R. (2013). Impact of twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae) infestation timing on cotton yields. *The Journal of Cotton Science*, *17*, 34–39.
- Holdsworth, W. L., Summers, C. F., Glos, M., Smart, C. D., & Mazourek, M. (2014). Development of downy mildew-resistant cucumbers for late-season production in the northeastern United States. *HortScience*, *49*(1), 10–17. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.49.1.10>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (n.d). *Tiempo y clima: Promedios climatológicos 1981-2010* [Grupo de datos]. Recuperado 2020 de <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/clima>
- Jin, G., Gong, Y., ZongWei, Q., Zhu, L., Wang, Z., Chen, J., & Wei, S. (2016). Selectivity and fitness of the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acarina: Tetranychidae) to different varieties of eggplant. *Acta Entomologica Sinica*, *59*(3), 328–336. <https://doi.org/10.16380/j.kcxb.2016.03.010>

- Khanamani, M., Fathipour, Y., Hajiqaanbar, H., & Sedaratian, A. (2012). Reproductive performance and life expectancy of *Tetranychus urticae* (Acari:Tetranychidae) on seven eggplant cultivars. *Journal of Crop Protection*, *46*(8), 971-979. <https://doi.org/10.1080/03235408.2012.755823>
- Khanamani, M., Fathipour, Y., Hajiqaanbar, H., & Sedaratian, A. (2014). Two-spotted spider mite reared on resistant eggplant affects consumption rate and life table parameters of its predator, *Typhlodromus bagdasarjani* (Acari: Phytoseiidae). *Experimental & Applied Acarology*, *63*(2), 241-252. <https://doi.org/10.1007/s10493-014-9785-z>
- Kos, S. P., Klinkhamer, P. G. L., & Leiss, K. A. (2014). Cross-resistance of chrysanthemum to western flower thrips, celery leafminer, and two-spotted spider mite. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, *151*(3), 198-208. <https://doi.org/10.1111/eea.12185>
- Kumar, D., Raghuraman, M., & Singh, J. (2014). Impact of abiotic factors on population dynamics of Phytophagous mite (*Tetranychus ludeni* Zacher) on cowpea in eastern Uttar Pradesh. *The Ecoscan*, *8* (1&2), 7-9. http://theecoscan.in/JournalPDF/81&202%20Dharmendra%20Kumar_2701.pdf
- Leimu, R., & Koricheva, J. (2006). A meta-analysis of genetic correlations between plant resistances to multiple enemies. *The American Naturalist*, *168*(1), E15-E37. <https://doi.org/10.1086/505766>
- Lugo-Sánchez, M. Á., Flores-Canales, R. J., Isiordia-Aquino, N., Lugo-García, G. A., & Reyes-Olivas, Á. (2019). Ácaros fitófagos asociados a jitomate en el norte de Sinaloa, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *10*(7), 1541-1550. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i7.1756>
- Martínez-Reina, A. M., Tordecilla-Zumaqué, L., Cordero-Cordero, C., & Grandett-Martínez, L. (2019a). Entorno tecnológico y socioeconómico de la habichuela larga en el Caribe húmedo de Colombia. *Ciencia y Agricultura*, *16*(2), 7-24. <https://doi.org/10.19053/01228420.v16.n2.2019.9114>
- Martínez-Reina, A. M., Tordecilla Zumaqué, L., Grandett, L., Rodríguez Pinto, M. del V., Cordero, C. C., Orozco Guerrero, A. R., Silva Acosta, G. E., Romero Ferrer, J. L., & Correa, E. (2019b). Análisis económico de la producción de berenjena (*Solanum melongena* L.) en dos zonas productoras del Caribe colombiano: Sabanas de Sucre y Valle del Sinú en Córdoba. *Revista Ciencia y Agricultura*, *16*(3), 17-34. <https://doi.org/10.19053/01228420.v16.n3.2019.9514>
- Mendonça, R. S., Navia, D., Diniz, I. R., & Flechtmann, C. H. W. (2011). South American spider mites: new hosts and localities. *Journal of Insect Science*, *11*(1), Article 121. <https://doi.org/10.1673/031.011.12101>
- Mesa, N. C. (1999). Acaros de importancia agrícola en Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, *52*(1), 321-363.
- Migeon, A., & Dorkeld, F. (2018, October 9). Spider mites Web: a comprehensive database for the Tetranychidae. In M. Sabelis, & J. Bruin (Eds.), *Trends in Acarology* (pp. 557-560). Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-90-481-9837-5_96
- Mitchell, C., Brennan, R. M., Graham, J., & Karley, A. J. (2016). Plant Defense against Herbivorous Pests: Exploiting Resistance and Tolerance Traits for Sustainable Crop Protection. *Frontiers in Plant Science*, *7*, Article 1132. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01132>
- Moreno-Moran, M., & Burbano-Figueroa, O. (2019). Field resistance of advanced breeding lines of upland cotton to ramulosis caused by *Colletotrichum gossypii* var. cephalosporioides. *Crop Protection*, *122*, 49-56. <https://doi.org/10.1016/j.cpro.2019.04.008>
- Nair, S., Braman, S. K., & Knauff, D. A. (2012). Resistance mechanisms in *Pieris taxa* (Ericaceae) to *Stephanitis takeyai* (Hemiptera: Tingidae). *Environmental Entomology*, *41*(5), 1153-1162. <https://doi.org/10.1603/EN11323>

- Nauen, R., Slater, R., Sparks, T. C., Elbert, A., & McCaffery, A. (2019). IRAC: Insecticide Resistance and Mode-of-action Classification of Insecticides. In P. Jeschke, M. Witschel, W. Krämer, & U. Schirmer (Eds.), *Modern crop protection compounds* (pp. 995–1012). Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. <https://doi.org/10.1002/9783527699261.ch28>
- Panda, N., & Khush, G. S. (1995). *Host plant resistance to insects*. CAB International.
- Peterson, R. K. D., Varella, A. C., & Higley, L. G. (2017). Tolerance: the forgotten child of plant resistance. *PeerJ*, 5, e3934. <https://doi.org/10.7717/peerj.3934>
- Red de información y comunicación del sector Agropecuario Colombiano. (2020). *Reporte:Área, Producción y Rendimiento Nacional por Cultivo*. <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1>
- Reddy, G. (2001). Comparative effectiveness of an integrated pest management system and other control tactics for managing the spider mite *Tetranychus ludeni* (Acari: Tetranychidae) on eggplant. *Experimental & Applied Acarology*, 25(12), 985–992. <https://doi.org/10.1023/A:1020661215827>
- Reddy, G., & Baskaran, P. (1991). Biology and varietal preference of *Tetranychus ludeni* Zacher (Acari: Tetranychidae) on four varieties of eggplant, *Solanum melongena*. *Mysore Journal of Agricultural Science*, 25, 331–334.
- Reddy, G., & Baskaran, P. (2006). Damage potential of the spider mite *Tetranychus ludeni* (Acari: Tetranychidae) on four varieties of eggplant. *International Journal of Tropical Insect Science*, 26(01), 48–56. <https://doi.org/10.1079/IJT2006102>
- Regal, P. J. (1982). Pollination by Wind and Animals: Ecology of Geographic Patterns. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 13(1), 497–524. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.13.110182.002433>
- Sinniah, G. D., Wasantha Kumara, K. L., Karunajeewa, D. G. N. P., & Ranatunga, M. A. B. (2016). Development of an assessment key and techniques for field screening of tea (*Camellia sinensis* L.) cultivars for resistance to blister blight. *Crop Protection*, 79, 143–149. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2015.10.017>
- Smith, C. M. (Ed.). (2005). *Plant resistance to arthropods*. Springer, Verlag. <https://doi.org/10.1007/1-4020-3702-3>
- Smith, C. M., & Chuang, W. P. (2014). Plant resistance to aphid feeding: behavioral, physiological, genetic and molecular cues regulate aphid host selection and feeding. *Pest Management Science*, 70(4), 528–540. <https://doi.org/10.1002/ps.3689>
- Sperotto, R. A., Buffon, G., Schwambach, J., & Ricachenevsky, F. K. (2018). Crops responses to mite infestation: it's time to look at plant tolerance to meet the farmers' needs. *Frontiers in Plant Science*, 9, Article 556. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00556>
- Stout, M. J. (2013). Reevaluating the conceptual framework for applied research on host-plant resistance. *Insect Science*, 20(3), 263–272. <https://doi.org/10.1111/1744-7917.12011>
- Stout, M., & Davis, J. (2009). Keys to the increased use of host plant resistance in integrated pest management. In R. Peshin, & A. K. Dhawan (Eds.), *Integrated Pest Management: Innovation-Development Process* (pp. 163–181). Springer, Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8992-3_7
- Taher, D., Rakha, M., Ramasamy, S., Solberg, S., & Schaffleitner, R. (2019). Sources of Resistance for Two-spotted Spider Mite (*Tetranychus urticae*) in Scarlet (*Solanum aethiopicum* L.) and Gboma (*S. macrocarpon* L.) Eggplant Germplasm. *HortScience*, 54(2), 240–245. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI13669-18>

- Tapia-Coronado, J. J., Cadena-Torres, J., Correa-Álvarez, E. M., Jiménez-Mass, N. C., Rodríguez-Pinto, M. del V., Tamayo-Molano, P. J., & Arias-Bonilla, H. (2015). *Modelo tecnológico del cultivo de berenjena para la región Caribe*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria.
- Tatis, H. A., Ayala, C. C., & Camacho, M. E. (2009). Caracterización de la morfología floral de dos cultivares de berenjena (*Solanum melongena* L.) (Solanaceae). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 62(2), 5125-5134.
- Vacante, V. (Ed.). (2009). *Citrus mites: identification, bionomy and control*. CAB International. <https://doi.org/10.1079/9781845934989.0000>
- Willoquet, L., Lore, J. S., Srinivasachary, S., & Savary, S. (2011). Quantification of the components of resistance to rice sheath blight using a detached tiller test under controlled conditions. *Plant Disease*, 95(12), 1507–1515. <https://doi.org/10.1094/PDIS-01-11-0051>
- Willoquet, L., Savary, S., & Yuen, J. (2017). Multiscale phenotyping and decision strategies in breeding for resistance. *Trends in Plant Science*, 22(5), 420–432. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2017.01.009>
- Wiseman, B. R. (1994). Plant resistance to insects in integrated pest management. *Plant Disease*, 78(9), 927. <https://doi.org/10.1094/PD-78-0927>
- Yuen, J. E., & Forbes, G. A. (2009). Estimating the level of susceptibility to *Phytophthora infestans* in potato genotypes. *Phytopathology*, 99(6), 782–786. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-99-6-0782>
- Zogli, P., Pingault, L., Grover, S., & Louis, J. (2020). Ento(o)mics: the intersection of “omic” approaches to decipher plant defense against sap-sucking insect pests. *Current Opinion in Plant Biology*, 56, 153–161. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2020.06.002>