

Efecto fisiológico y nutrimental de la cronicidad CLas en limón Mexicano (*Citrus aurantifolia*)

***Gustavo Mora-Aguilera; Gerardo Acevedo-Sánchez**, ¹Colegio de Posgraduados - Laboratorio de Análisis de Riesgo Epidemiológico Fitosanitario (CP-LANREF). Texcoco, Estado de México. CP 56230; ¹**Edwin Catarino Hernández-Chan; Emiliano Loeza-Kuk**, INIFAP Campo Experimental Mocochoá, Yucatán, México. C.P. 67413; **J. Joaquín Velázquez-Monreal**, INIFAP Campo Experimental Tecomán, Colima, México. CP 28100. ¹**Raquel Cano-Medrano**, CP-Fruticultura; **J. Isabel López-Arroyo**, INIFAP Campo Experimental General Terán, Nuevo León CP 67413.

*Autor de correspondencia: morag@colpos.mx

Recibido: Agosto 28, 2022.

Aceptado: Octubre 30, 2022.

Mora-Aguilera G, Acevedo-Sánchez G, Hernández-Chan EC, Loeza-Kuk E, Velázquez-Monreal JJ, Cano-Medrano R y López-Arroyo JI. 2022. Efecto fisiológico y nutrimental de la cronicidad CLas en limón Mexicano (*Citrus aurantifolia*). Revista Mexicana de Fitopatología 40(4).

DOI: <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2022-20>

Resumen. Este trabajo tuvo como propósito evaluar NO₃, K, Ca y concentración de clorofila en limón Mexicano (*Citrus aurantifolia*) en condición regional endémica e infección crónica de *Candidatus Liberibacter asiaticus* (CLas) en Colima, México. La premisa fundamental fue que el análisis del efecto fisiológico causado por CLas permitirá comprender el impacto productivo cítrico y coadyuvar a definir estrategias efectivas de manejo. Se seleccionaron un total de 11 huertos en Tecomán y 13 en Armería en categorías de alta (AT), moderada (MT) y baja tecnología (BT) de manejo de huerto (MH). En cada huerto se seleccionaron 25 árboles, cinco por clase de severidad-dosel de HLB (0, 25, 50, 75 y 100 %) como estimadores de infección crónica. *In situ*, en 5 hojas sintomáticas (HS) y 5

hojas asintomáticas (HA)/árbol se evaluó concentración de clorofila mediante un medidor SPAD502 y de nutrientes con ionómetros de nitratos (NO₃), potasio (K) y calcio (Ca). Se contabilizó y pesó la totalidad de frutos en 20 árboles/9 huertos. Por clase de severidad, se comparó el efecto MH y condición asintomática-sintomática mediante ANOVA parcelas-divididas y Tukey ($p = 0.05$) (SAS ver9.4). En todas las clases de severidad, NO₃ tuvo un efecto significativo ($p < 0.0001$) con respecto a nivel tecnológico, siendo más alta en predios con AT (113 – 126 ppm) respecto a MT (81 – 89 ppm) y BT (50 – 55 ppm). K y Ca no difirieron estadísticamente entre categorías MH. La condición asintomática *versus* sintomática no mostró efecto significativo en concentración de NO₃, K y Ca ($p > 0.05$). La comparación de severidad-dosel entre clases de 25% *versus* 100 % afectó en unidades clorofila con 24.9 % reducción en HS y de 1.3 % en HA. Los resultados muestran reducción promedio de 2, 11, 58 y 79 % de producción (kg) para 25, 50, 75, 100 % de severidad respectivamente, sugiriendo la importancia de NO₃ en el manejo productivo de limón Mexicano afectado por CLas. La integración de NO₃ a un programa de manejo integrado regional

es una opción viable para el manejo rentable de huertos en condiciones endémicas y de alta infección crónica de CLas. Este es el primer reporte que asocia el efecto de CLas con nutrición.

Palabras clave: HLB, Nutrición, Severidad, Nitratos.

El manejo sistémico y racional de enfermedades se fundamenta en la comprensión biológica de la interacción hospedante y patógeno en un contexto epidemiológico regional (Mora-Aguilera *et al.*, 2023; 2021; Esquivel-Chávez *et al.*, 2012). En la interacción de los subsistemas planta-patógeno, la nutrición del hospedero tiene una relación directa con severidad de un amplio número de enfermedades (Tripathi *et al.*, 2022). El manejo de un cultivo a través de la nutrición permite desarrollar umbrales de tolerancia a plagas y patógenos; es decir, se pueden generar o activar mecanismos de respuesta ante potenciales procesos infecciosos a nivel estructural y génico. En general, el manejo de enfermedades no sistémicas se sustenta en el paradigma de la supresión o mitigación del agente causal mediante control químico, biológico y/o cultural. Sin embargo, otros problemas sistémicos como los causados por virus y algunas bacterias como *Candidatus Liberibacter asiaticus* (CLas), requieren estrategias integrales que incorporen la nutrición, variedades resistentes, transgenia, inductores de resistencia, entre otras. Los nutrimentos pueden, incrementar o disminuir la resistencia o tolerancia de cultivos a patógenos (Tripathi *et al.*, 2022). Se ha demostrado que la óptima fisiología y nutrición de cítricos puede compensar productivamente un proceso de infección de CLas y otros patógenos (Bassanezi *et al.*, 2021, 2014; Gottwald *et al.*, 2012; Spann *et al.*, 2011; Xia *et al.*, 2011; Ahmad *et al.*, 2011). Sin embargo, se requieren estudios regionales específicos asociados con prácticas tecnológicas y uso de re-

ursos productivos para incorporar la nutrición en el diseño de programas de manejo integrado cítrico (Kwakye *et al.*, 2023; Uthman *et al.*, 2022; Bassanezi *et al.*, 2021).

A partir del establecimiento de CLas, agente causal del Huanglongbing o HLB, y la rápida condición endémica con altos niveles de infección crónica en la región del Pacífico (Mora-Aguilera *et al.*, 2014a), se propuso su manejo mediante programas nutrimentales, altas densidades de siembra, genotipos con mayor tolerancia, y control del vector *Diaphorina citri* con productos químicos y biológicos (Manzanilla-Ramírez *et al.*, 2019). Este enfoque integrado se planteó como una alternativa obligada al programa oficial de Áreas Regionales de Control de *D. citri* (ARCOs), exitosa en regiones sub-endémicas del país (Flores-Sánchez *et al.*, 2017; Mora-Aguilera *et al.*, 2014b). No obstante, un programa integrado debe sustentarse en evidencias experimentales en condiciones de producción comercial y en ambientes específicos (Bassanezi *et al.*, 2021; Flores-Sánchez *et al.*, 2017). Este trabajo tuvo como propósito analizar el efecto crónico de la infección de CLas en la producción de limón Mexicano (*Citrus aurantifolia*) en relación con niveles NO_3 , K y Ca en planta, y con la concentración de clorofila en condiciones endémicas de CLas en Colima, con el fin de sustentar el componente nutricional de huertos en la gestión regional del HLB.

Se seleccionaron 11 huertos comerciales de limón Mexicano en la región cítrica de Tecmán y 13 en Armería, Colima. La distribución espacial de los huertos de evaluación se realizó con base en criterios diferenciales de inductividad epidémica, endemicidad y cronicidad regional de CLas, mediante un mapa interpolado del Índice Multivariado Relativo que integró 15 variables de planta-patógeno-vector-manejo (Figura 1A y 1B) (Flores-Sánchez, 2016). En cada huerto se seleccionaron y evaluaron 25 árboles mediante el método de muestreo en 'T', el cual considera la exploración del efecto de

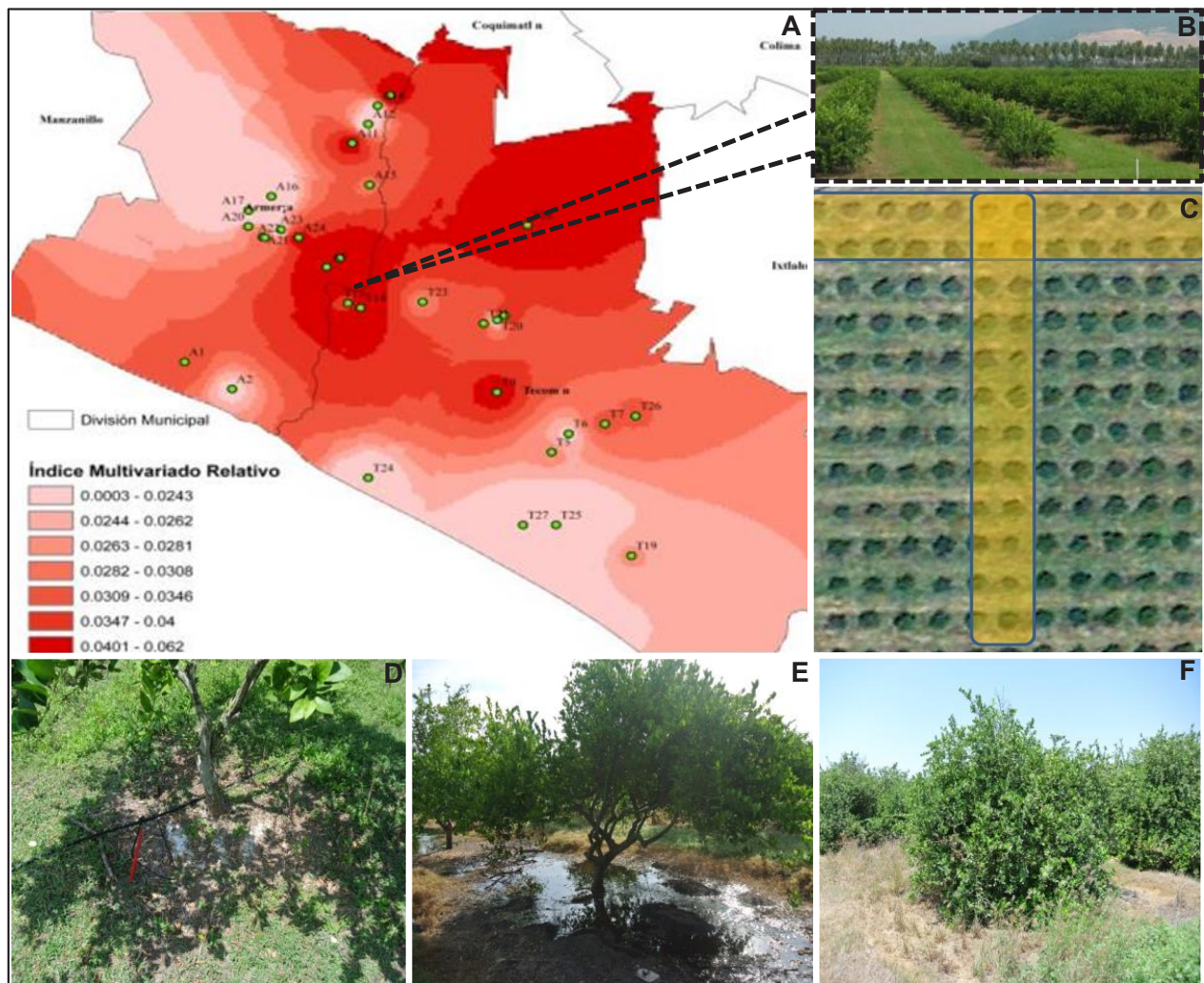


Figura 1. A. Distribución regional de 11 huertos (puntos verdes) en Tecomán y 13 en Armería asociados a un mapa interpolado de cronicidad de CLas expresada por un índice multivariado relativo. B. Ejemplo de un huerto de limón Mexicano con manejo de alta tecnificación (AT). C. Representación del esquema de muestreo de 25 plantas en 'T'. D. Sistema de riego por goteo-aspersión en huerto de alta tecnificación. E. Riego por inundación asociado a huertos de moderada tecnificación. F. Huerto con maleza asociada a baja tecnificación.

orilla y surcos internos del huerto (Figura 1C). Por huerto se determinó el nivel manejo agronómico (MH) considerando una escala cualitativa de alta (AT), moderada (MT) y baja tecnología (BT). El MH se generó a partir de parametrización de variables como condición general de huerto, programa de nutrición, vigor de planta, control de maleza y plagas, y tipo riego (Figura 1D-1F).

En cada árbol se evaluó la severidad de HLB en dosel total de planta, empleando una escala de cinco clases (1 – 5) de 0, 25, 50, 75 y 100 % de copa con síntomas de HLB como indicador del nivel de infección crónica (Flores-Sánchez *et al.*, 2015) (Figura 2). Por árbol, se seleccionaron cinco hojas sintomáticas (HS) (Figura 3A) y cinco hojas asintomáticas (fue factible aún en clase 5) (Figura



Figura 2. Escala diagramática-cualitativa de cinco clases (0-100 %) para medición de severidad de HLB en el dosel de la planta. A. Clase 2 con al menos 25 % del dosel de la planta con síntomas de HLB. B. Clase 3 representa 50 % severidad. C. Clase 4 representa 75 % de severidad. D. Clase 5 constituye el 100 % severidad. Clase 1 representa plantas aparentemente sanas la cual no se incluye. En limón Mexicano, HLB exhibe síntomas de amarillamiento foliar severo (D).

3B) para cuantificar la concentración de clorofila (μmol) con un medidor Minolta® SPAD-502Plus y cantidad de nutrientes en partes por millón (ppm) con ionómetros portátiles HORIBA® específicos para NO_3 , K y Ca (Figura 3C), los cuales realizan una medición de micro volúmenes con un rango de 39 a 3900 ppm. Las hojas colectadas se maceraron y se dividieron en tres muestras. Estas se mezclaron con agua destilada a partir de la cual se extrajeron 2-3 gotas para conformar la muestra de lectura por nutriente. Con método no destructivo (conteo) y destructivo (cosecha) se contabilizó y pesó la totalidad de frutos cosechados en 25 árboles de nueve

huertos seleccionados por su condición fenológica en fase de producción. Por clase de severidad, se comparó el efecto de MH y condición asintomática *versus* sintomática mediante análisis de varianza (ANOVA) en un diseño de parcelas-divididas y comparación de medias por *Tukey* ($\alpha = 0.05$). Los análisis estadísticos se realizaron con SAS v9.4.

En general, los resultados experimentales mostraron que el decremento de NO_3 , K y Ca, estuvo determinado principal y significativamente por el manejo tecnológico de los huertos (MH) (Dong *et al.*, 2021; de Bang *et al.*, 2020). Este decremento fue mayor en MH de baja tecnología con efectos

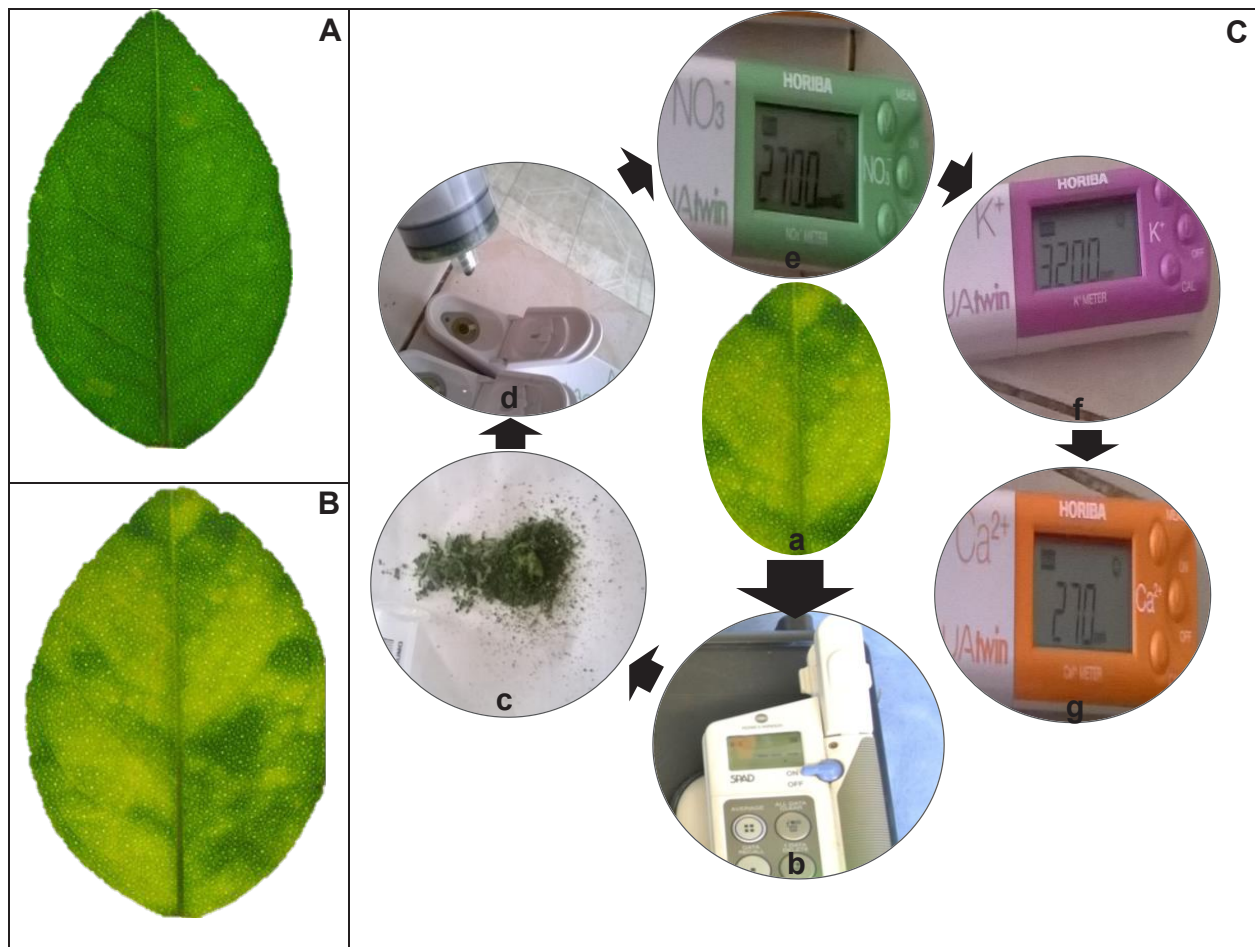


Figura 3. A. Ejemplo de hojas asintomáticas seleccionadas durante el muestreo por huerto/árbol. B. Hoja con síntomas de HLB seleccionadas para cuantificación de nutrientes. C. Proceso de medición de variables de nutrición. El proceso inicia con la selección de una hoja asintomática o sintomática (a), medición de unidades clorofila con equipo SPAD (b), corte y macerado de tejido (c), extracción de muestra con apoyo de jeringa con agua estéril y depósito (d) en ionómetros de NO_3^- (e), Potasio (f) y Calcio (g).

máximos de 60, 47.5 y 34.1 %, respectivamente. Por el contrario, la severidad de HLB en dosel de planta no mostró una implicación directa significativa en la concentración de nutrientes (Figura 4). La máxima reducción de concentración entre clases de severidad de HLB para NO_3^- , K y Ca fue 9, 28 y 25 %, respectivamente. La concentración de NO_3^- tuvo un efecto considerable con respecto a nivel tecnológico de los huertos, siendo significativamente mayor en AT (113 – 126 ppm) respecto a MT (81 – 89

ppm) y BT (50 – 55 ppm) ($p < 0.0001$), en las cuatro clases de severidad (25 – 100 %) (Figura 4). Los nitratos, debido a su implicación fisiológica en interacción con otros nutrientes, p.e. Fe o P, pueden asociarse a reducción de clorofila, menor actividad de la nitrato reductasa (reductor de NO_3^-) y otras actividades fisiológicas metabólicas lo cual propicia deficiencias nutrimentales (Kwakye *et al.*, 2022; Zhao *et al.*, 2013). En plantas con nivel alto de severidad y baja concentración de NO_3^- , puede estar

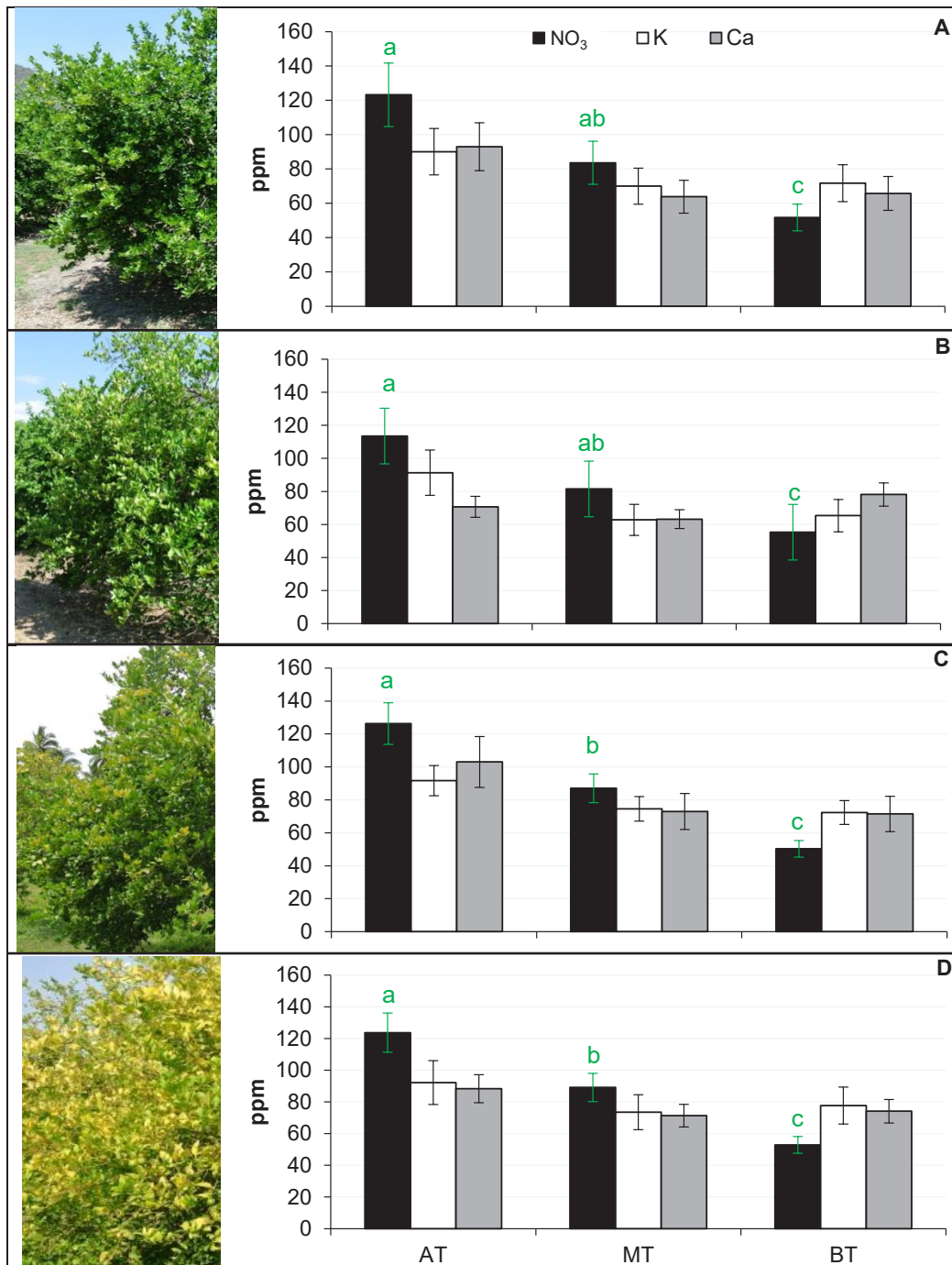


Figura 4. Efecto de la concentración de NO₃, K y Ca, expresada en partes por millón (ppm), para huertos con alta (AT), moderada (MT) y baja tecnificación (BT) comparados por clase de severidad: A. 25 %, B. 50 %, C. 75 %, y D. 100 % de severidad. Barras con letras diferentes muestran diferencias significativas con Tukey $p = 0.05$. Barras sin letra no mostraron diferencias significativas. No se incluyó Clase 1, porque no se detectaron árboles sin síntomas de HLB.

asociado al flujo de haces vasculares, en particular en el floema el cual se obstruye por masas bacterianas o por cambios en la estructura celular (Liu *et al.*, 2014; Esquivel-Chávez *et al.*, 2012). Aunque K y Ca no fueron estadísticamente diferentes entre categorías de MH o clases de severidad ($p > 0.05$), mostraron tendencia decreciente con respecto al nivel tecnológico, siendo menores en MT y BT. Este efecto fue mayor en árboles con severidad menor al 75 % (clase 3) (Figura 4). Similar efecto de tecnología productiva en estos nutrientes se ha reportado para cítricos dulces (Fan *et al.*, 2020). Se ha demostrado que estos nutrientes, particularmente Ca, son importantes en la capacidad fotosintética de la planta, crecimiento, y en la composición de la pared celular (Eticha *et al.*, 2017).

Específicamente por grado de daño, árboles con severidad menor a 25 % (clase 2) evidenciaron reducción de NO_3 en 58 % ($p < 0.0001$) para huertos BT (66 ppm) respecto de AT (123 ppm). Aunque no significativamente, la concentración de K y Ca disminuyó 20 y 27 % (51 – 90 ppm), respectivamente (Figura 4A). En árboles con severidad 50 % (clase 3), la concentración de NO_3 en BT (55 ppm) se redujo en 51 % con respecto a AT (113 ppm, $p < 0.001$). Huertos con MT y BT tampoco evidenciaron reducción de K y Ca estadísticamente diferente (Figura 4B). En severidad 75 % (clase 4), BT tuvo las concentraciones de NO_3 hasta 60 % menor respecto a AT y MT (126 y 87 ppm; $p = 0.001$). Los nutrientes K y Ca en huertos MT/AT con 74 y 72 ppm, respectivamente, fueron menores hasta en 50 % comparativamente con huertos de AT, aunque sin diferencias estadísticas ($p > 0.05$) respecto a BT debido la alta variabilidad (Figura 4C). En árboles con 100% severidad (clase 5) mantuvieron las tendencias análogas. Las concentraciones de NO_3 en huertos de BT (52 ppm) tuvieron 57 % de reducción significativa ($p < 0.0001$) con respecto a huertos de AT (123 ppm). El comportamiento de K

y Ca tuvo reducción de 15 y 16%, respectivamente, entre categorías de MH (Figura 4D).

Interesantemente, al comparar la condición asintomática foliar *versus* sintomática, la concentración de NO_3 , K y Ca no mostró efectos significativos debido a la alta variabilidad ($p > 0.05$). Por el contrario, unidades clorofila (UC) de hojas sintomáticas en árboles con 100 % severidad se redujo 17.7 ppm (27.1 %) con respecto a sintomáticas de severidad 25 % (14.9 ppm). La reducción en hojas asintomáticas fue 4.2 % en la misma comparación (Figura 5A). Estos resultados son análogos a los reportados en Colima para limón Mexicano (Manzanilla-Ramírez *et al.*, 2019). Este efecto, como se comentó previamente puede estar relacionado con la reducción de nutrientes, principalmente NO_3 y Ca, implicados en capacidad fotosintética, crecimiento foliar y fortalecimiento de pared celular (Liu *et al.*, 2014).

Relativo al efecto de CLas en producción de frutos se obtuvo una reducción de 2, 11, 58 y 79 % peso de fruto (kg) para clases de severidad 25, 50, 75, 100 %, respectivamente. Estas reducciones estuvieron principalmente asociadas en huertos BT y MT. En general, la pérdida de producción mostró efecto más significativo a partir del 75 % de severidad (Flores-Sánchez *et al.*, 2015) (Figura 5B). La pérdida de producción (y) en función de severidad en dosel como estimador de cronicidad de infección se ajustó al modelo $y = 131.9 - 0.88 (\text{sev } \%)$ con una precisión de 76% ($r^2 = 0.76$). En promedio, con este modelo, la pérdida de producción de limón Mexicano fue de 54.2 %. En niveles de severidad 25%, la producción osciló entre 88 – 130 kg/árbol, los cuales comparativamente con huertos de 100 % severidad representó hasta 81% de reducción significativa en producción (25 – 46 kg) (Figura 5C), concordante con reportes para limón Mexicano y limón Persa (Robles-González *et al.*, 2017; Flores-Sánchez *et al.*, 2015). Esto sugiere la importancia

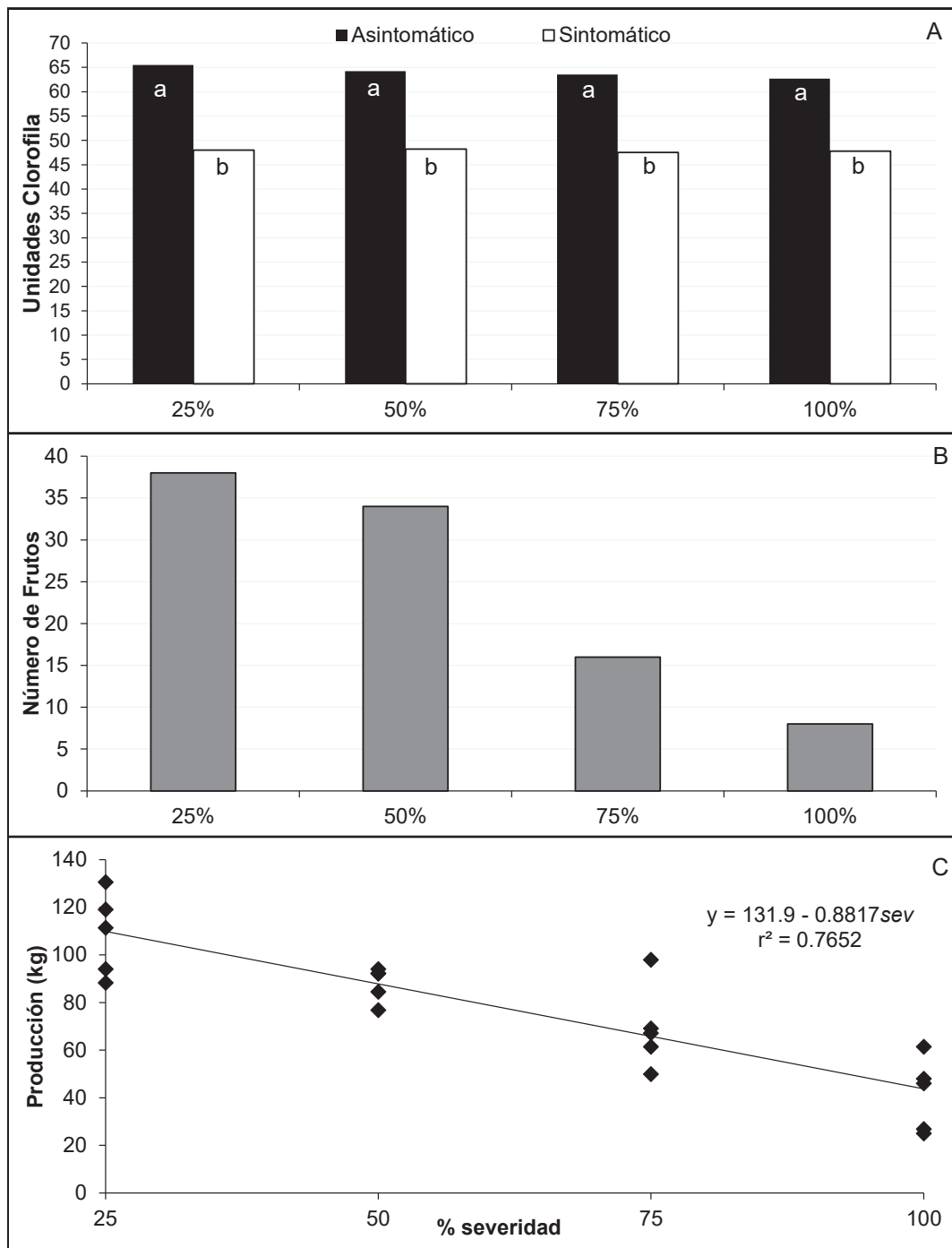


Figura 5. A. Comparación de unidades clorofila (ppm) entre hojas sintomáticas y asintomáticas por clase de severidad-dosel de HLB (25, 50, 75 y 100 %). B. Comparación de número de frutos por clase de severidad-dosel de HLB. C. Ajuste a un modelo de regresión lineal de producción (kg) en función de clases de severidad-dosel de HLB en limón Mexicano.

de considerar al NO_3 y otros nutrientes en el manejo productivo de *C. aurantifolia* afectado por CLAs. El Ca y K, en asociación a N, se han implicado en el incremento productivo en diversos cultivos, por lo que su reducción podría estar vinculada con pérdidas productivas (Atta *et al.*, 2021; Cruz-Álvarez *et al.*, 2020; Fan *et al.*, 2020).

CONCLUSIONES

La cronicidad de CLAs, expresada a través de severidad en dosel de *Citrus aurantifolia* tuvo un efecto significativo detrimental en la concentración de nutrientes principalmente NO_3 , lo cual implicó incremento de clorosis generalizada de hojas afectando la capacidad fotosintética de la planta, y por tanto influyó en reducción de producción. Ca y K no mostraron un efecto significativo asociado con severidad de HLB. La medición de unidades clorofila disminuyó 27.1 % en condición sintomática *versus* asintomática. Lo anterior sugiere que los nitratos son importantes en el manejo de CLAs en limón Mexicano. Sin embargo, el empleo exclusivo de la nutrición sin incluir el manejo hídrico, uso de altas densidades de plantación, programas de renovación de plantas, y el control regional del vector *Diaphorina citri*, podría ser limitado. Por el contrario, su incorporación a un programa de manejo integrado parcelario y regional es una opción viable para el manejo rentable de huertos en condiciones endémicas y de alta infección crónica de CLAs.

AGRADECIMIENTOS

A SENASICA-DGSV y Comité Estatal de Sanidad de Vegetal de Colima (CESAVECOL) por el apoyo logístico y operativo al CP-LANREF. Al CONACYT por el financiamiento INIFAP 2009-01-108591.

LITERATURA CITADA

- Ahmad K, Sijam K, Hashim H, Rosli Z and Abdu A. 2011. Field assessment of calcium, copper and zinc ions on plant recovery and disease severity following infection of Huanglongbing (HLB) disease. *African Journal of Microbiology Research* 5(28): 4967-4979. <http://dx.doi.org/10.5897/AJMR11.236>
- Atta AA, Morgan KT and Mahmoud KA. 2021. Split application of nutrients improve growth and yield of Huanglongbing-affected citrus trees. *Soil Science Society American Journal*. 85:2040–2053. <https://doi.org/10.1002/saj2.20310>
- Bassanezi RB, Primiano IV and Vescove HV. 2021. Effect of enhanced nutritional programs and exogenous auxin spraying on huanglongbing severity, fruit drop, yield and economic profitability of orange orchards. *Crop Protection* 145: 105609. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105609>.
- Bassanezi RB, Montesino LH, Matos D, Quaggio JA, Boaretto RM and Bové JM. 2014. Three years of nutritional management on Huanglongbing epidemics and crop loss in sweet orange grove. *In: 47° Congreso Brasileiro de Fitopatología*. 494_1. Del 17 al 22 de Agosto de 2014. Londrina, Paraná. Brasil.
- Cruz-Alvarez O, Hernández-Rodríguez OA, Jacobo-Cuellar JL, Ávila-Quezada G, Morales-Maldonado E, Parra-Quezada RA, Robles-Hernandez L and Ojeda-Barrios DL. 2020. Nitrogen fertilization in pecan and its effect on leaf nutrient concentration, yield and nut quality. *Revista Chapingo. Serie Horticultura* 26(3):163-173. 2021.<https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2019.10.021>
- de Bang TC, Husted S, Laursen KH, Persson DP and Schjoerring JK. 2021. The molecular-physiological functions of mineral macronutrients and their consequences for deficiency symptoms in plants. *New Phytologist* 229: 2446-2469. <https://doi.org/10.1111/nph.17074>
- Dong ZH, Srivastava AK, Liu XD, Riaz M, Gao Y, Liang XM, Tan QL, Sun XC, Wu SW and Hu CX, 2021. Interactions between nutrient and Huanglongbing pathogen in citrus: An overview and implications, *Scientia Horticulturae* 290:110511. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110511>.
- Eticha D, Kwast A, Chiachia TRS, Horowitz N and Stützel. 2017. Calcium nutrition of orange and its impact on growth, nutrient uptake and leaf cell wall. *Citrus R&T* 38:62-70. <http://dx.doi.org/10.4322/crt.ICC096>
- Esquivel-Chávez F, Valdovinos-Ponce G, Mora-Aguilera G, Gómez-Jaimes R, Velázquez-Monreal JJ, Manzanilla-Ramírez MA, Flores-Sánchez JL y López-Arroyo JI. 2012. Análisis histológico foliar de cítricos agrios y naranja dulce con síntomas ocasionados por *Candidatus Liberibacter asiaticus*. *Agrociencia* 46(8): 769-782. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30225072002>

- Fan Z, Xiong H, Luo Y, Wang Y, Zhao H, Li W, He X, Wang J, Shi X, Zhang Y. 2020. Fruit yields depend on biomass and nutrient accumulations in new shoots of citrus trees. *Agronomy* 10(12):1988. <https://doi.org/10.3390/agronomy10121988>
- Flores-Sánchez JL, Mora-Aguilera G, Loeza-Kuk E, López-Arroyo JI, Gutiérrez-Espinosa MA, Velázquez-Monreal JJ, Domínguez-Monge S, Bassanezi RB, Acevedo-Sánchez G, Robles-García P. 2017. Diffusion model for describing the regional spread of huanglongbing from first-reported outbreaks and basing an area wide disease management strategy. *Plant Disease* 101(7):1119-1127. <https://doi.org/10.1094/PDIS-04-16-0418-RE>.
- Flores-Sánchez JL, Mora-Aguilera G, Loeza-Kuk E, Domínguez-Monge S, Acevedo-Sánchez G, López-Arroyo JI y Robles-García P. 2015. Pérdidas en producción inducidas por *Candidatus Liberibacter asiaticus* en limón Persa, en Yucatán México. *Revista Mexicana de Fito-patología* 33: 195-210. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61242145005>
- Flores-Sánchez J. 2016. Epidemiología del HLB bajo tres escenarios regionales en México. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados. 289p. <http://hdl.handle.net/10521/3425>
- Gottwald TR, Graham JH, Irely MS, McCollum TG and Wood BW. 2012. Inconsequential effect of nutritional treatments on huanglongbing control, fruit quality, bacterial titer and disease progress. *Crop Protection* 36: 73-82. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2012.01.004>
- Kwakye S and Kadyampakeni DM. 2023. Micronutrients improve growth and development of HLB-affected citrus trees in Florida. *Plants* 12:73. <https://doi.org/10.3390/plants12010073>
- Liu X, Koba K, Makabe A and Liu C. 2014. Nitrate dynamics in natural plants: Insights based on the concentration and natural isotope abundances of tissue nitrate. *Frontiers in Plant Science*: 5. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00355>
- Manzanilla-Ramírez MA, Villegas-Monter Á, Velázquez-Monreal JJ, Zavaleta-Mancera HA, Sandoval-Villa M and Muñoz-Orozco AB. 2019. Cambios fisiológicos en árboles de limón mexicano en producción infectados con HLB. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 10: 1603-1614. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i7.1957>.
- Mora-Aguilera G, Acevedo-Sánchez G, Flores-Colorado OE, Coria-Contreras JJ, Guzmán-Hernández E and Robles-García P. 2023. App-ExploraCítricos, a digital development for integrate pest surveillance in citrus crops. *Mexican Journal of Phytopathology* 41(1): 45-69. <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2209-5>
- Mora-Aguilera G, Acevedo-Sánchez G, Guzmán-Hernández E, Flores-Colorado OE, Coria-Contreras JJ, Mendoza-Ramos C, Martínez-Bustamante VI, López-Buenfil A, González-Gómez R and Javier-López MA. 2021. Web-based epidemiological surveillance systems and applications to coffee rust disease. *Mexican Journal of Phytopathology* 39(3): 452-492. <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2104-6>.
- Mora-Aguilera G, Flores-Sánchez F, Acevedo-Sánchez G, Domínguez-Monge S, Oropeza-Salinas C, Flores-Olivas A, González-Gómez R y Robles-García P. 2014a. Epidemiological surveillance and current status of coconut Lethal Yellowing, potato Purple Top and citrus Huanglongbing (HLB) in Mexico. *Mexican Journal of Phytopathology* 32(2): 120-131. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092014000200120&lng=es&tlng=en
- Mora-Aguilera G, Robles-García P, López-Arroyo JL, Flores-Sánchez J, Acevedo-Sánchez G, Domínguez-Monge D y González-Gómez R. 2014b. Current situation and perspectives in management of citrus HLB. *Mexican Journal of Phytopathology* 32(2): 108-119. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092014000200108&lng=es&tlng=en
- Robles-González MM, Orozco-Santos M, Manzanilla-Ramírez MA, Velázquez-Monreal JJ and Carrillo-Medrano SH. 2017. Efecto del HLB sobre el rendimiento de limón mexicano en Colima, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 8(5), 1101-1111. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i5.111>
- Spann TM, Schumann AW, Rouse B and Ebel B. 2011. Foliar nutrition for HLB. *Citrus Industry* (June): 6-10. https://crec.ifas.ufl.edu/media/crecifasufledu/extension/extension-publications/2011/2011_June_foliar_hlb.pdf.
- Tripathi R, Tewari R, Singh KP, Keswani C, Minkina T, Srivastava AK, De Corato U and Sansinenea E. 2022. Plant mineral nutrition and disease resistance: A significant linkage for sustainable crop protection. *Frontiers in Plant Science* 13:883970. doi: 10.3389/fpls.2022.883970
- Uthman QO, Atta AA, Kadyampakeni DM, Qureshi JA, Morgan KT, Nkedi-Kizza P. 2022. Integrated water, nutrient, and pesticide management of Huanglongbing-affected sweet oranges on Florida sandy soils. A Review. *Plants* 11:1850. <https://doi.org/10.3390/plants11141850>
- Xia Y, Ouyang G, Sequeira RA, Takeuchi Y, Baez I and Chen J. 2011. A review of Huanglongbing (Citrus Greening) management in citrus using nutritional approaches in China. *Plant Health Progress* <https://doi.org/10.1094/PHP-2010-1003-01-RV>.
- Zhao H, Sun R, Albrecht U, Padmanabhan C, Wang A, Coffey MD, Girke T, Wang Z, Close TJ, Roose M, Yokomi RK, Folimonova S, Vidalakis G, Rouse R, Bowman KD, Jin H. 2013. Small RNA profiling reveals phosphorus deficiency as a contributing factor in symptom expression for citrus Huanglongbing disease. *Molecular Plant* 6(2):301-310. <https://doi.org/10.1093/mp/sst002>.