



Técnicas de manejo de enfermedades poscosecha en frutos de cítricos

Post-harvest disease management techniques in citrus fruits

Autores

✉ ¹Cristhian Jesús Chávez Caicedo

✉ ^{1*}Jessenia Rosanna Castro Olaya

✉ ¹Adriana del Carmen Celi Soto

✉ ¹Dorys Terezhina Chirinos Torres

Facultad de Ingeniería Agronómica, Carrera de
Agronomía, Universidad Técnica de Manabí,
Lodana, Manabí, Ecuador.

*Autor de correspondencia.

Citación sugerida: Chávez Caicedo, C. J., Castro
Olaya, J. R., Celi Soto, A. del C. y Chirinos Torres,
D. T. (2023). Técnicas de manejo de enfermedades
poscosecha en frutos de cítricos. *La Técnica*, 13(1),
9-17. DOI: <https://doi.org/10.33936/latecnica.v13i1.5179>

Recibido: Septiembre 12, 2022

Aceptado: Enero 14, 2023

Publicado: Marzo 15, 2023

Resumen

A nivel mundial la producción de cítricos ha incrementado debido a la creciente demanda por parte de países productores y exportadores. Sin embargo, las pérdidas poscosecha son un reto para los citricultores, en especial las causadas por los hongos *Penicillium digitatum* y *P. italicum*; además de los microorganismos causantes de enfermedades precosecha, que persisten en el tiempo y se presentan durante el almacenamiento de los cítricos. La investigación tuvo como objetivo recopilar información sistémica, aplicativa y de gran utilidad sobre técnicas de manejo de enfermedades poscosecha en frutos de cítricos (*Citrus* spp.) en Ecuador. Una de las técnicas de manejo, es el uso de fungicidas sintéticos, en especial el Imidazol y Bencimidazol y las sales, como ortofenil fenato de sodio. Entre las opciones biológicas, se usan hongos, bacterias y levaduras con capacidad antagonista y antifúngica. Dentro de las medidas físicas, se emplea el almacenamiento en condiciones de baja temperatura, que varía de acuerdo a la especie de cítricos y la luminosidad, sugiriéndose como una excelente medida de manejo para los hongos causantes de la pudrición, *P. digitatum* y *P. italicum*. El manejo de enfermedades poscosecha debe contar con un plan que incluya al menos dos medidas de control.

Palabras clave: producción; almacenamiento; pérdidas; enfermedades; control físico; químico y biológico.

Abstract

Worldwide, citrus production has increased due to the growing demand from producing and exporting countries. However, postharvest losses are a challenge for citrus growers, especially those caused by the fungi *Penicillium digitatum* and *P. italicum*; in addition to the microorganisms that cause pre-harvest diseases, which persist over time and occur during citrus storage. The objective of the research was to compile systemic, applicable and useful information on postharvest disease management techniques for citrus fruits (*Citrus* spp.) in Ecuador. One of the management techniques is the use of synthetic fungicides, especially Imidazole and Benzimidazole and salts such as sodium orthophenyl phenate. Among the biological options, fungi, bacteria and yeasts with antagonistic and antifungal capacity are used. Among the physical measures, storage under low temperature conditions is used, which varies according to citrus species and luminosity, and is suggested as an excellent management measure for the rot-causing fungi, *P. digitatum* and *P. italicum*. Postharvest disease management should have a plan that includes at least two control measures.

Keywords: production; storage; losses; diseases; physical; chemical and biological control.



Introducción

Los cítricos son cultivados en un gran número de países dentro de una amplia región geográfica (Naqvi, 2004), cuya creciente y dinámica tendencia de producción permite afirmar que constituyen los frutales más extensivamente producidos en el mundo (Zhong y Nicolosi, 2020) con un área cosechada que en el año 2020 ascendió a 8.607.004 ha y una producción de 144.755.629 t (FAO, 2022). Zhong y Nicolosi (2020) señalaron que entre los principales países productores de cítricos resaltan China, Brasil y Estados Unidos, con naranjas (*Citrus sinensis* L. Osbeck), mandarinas (*C. reticulata* Blanco y *C. unshiu* Marc.), toronjas (*C. paradisi* Macfadyen), limones (*C. limon* L. Burmann f.), y limas (*C. aurantifolia* Christm. Swingle) como los cinco grupos de cítricos de mayor importancia económica.

La producción de estos importantes frutales puede verse afectada por plagas y enfermedades tanto en precosecha (Naqvi, 2004; Zhao et al., 2015), como en poscosecha (Hanif y Ashari, 2021), lo que conlleva a que parte de la producción se transforme en pérdidas y desperdicios, que generalmente en frutas y verduras ocurre en cinco etapas claves de la cadena de suministro de alimentos: producción agrícola, manipulación y almacenamiento poscosecha, procesamiento, distribución y consumo (Ron et al., 2018). Cuando los frutos se cosechan, estos presentan cambios relacionados con el fenómeno de la senescencia, y se caracterizan por pérdidas en el contenido de clorofila que son responsables del color verde de los cítricos, además de una elevada transpiración que conduce al marchitamiento, reacciones de fermentación (producción de etanol), pérdidas de valor nutricional y sensibilidad al ataque de microorganismos causantes de pudriciones (Muñoz, 2011).

En países desarrollados, las pérdidas por manejo poscosecha se consideran entre 5 y 10%, mientras que en países en desarrollo se incrementan entre 25 y 34% (Sonkar et al., 2008; Hanif y Ashari, 2021). Dentro de las principales causas de pérdidas, se incluyen la descomposición patológica, así como las pérdidas parciales por respiración o transpiración, que son consecuencia de la manipulación brusca de frutos durante la cosecha o el transporte inadecuado (Ashebre, 2015). Aunque ha existido un aumento en la producción de cítricos, las pérdidas económicas ocasionadas por las enfermedades de poscosecha representan actualmente uno de los principales problemas en la fruticultura mundial (Murray et al., 2019). En el caso de la pérdida de frutos en poscosecha, la descomposición por causa de patógenos es total.

Entre los principales patógenos asociados a cítricos, se mencionan a *Penicillium digitatum* (Pers.) Sacc., y a *P. italicum* Wehmer, como causantes de la podredumbre verde y azul, respectivamente (Naqvi, 2004; Ballester, 2007; Iqbal et al., 2017). Adicionalmente, las inadecuadas técnicas y escasas metodologías de manejo de enfermedades poscosecha alteran las propiedades de los

cítricos, permitiendo que hongos como, *Alternaria citri* Ellis & N. Pierce, *A. alternata* (Fr.) Keissl., *Botrytis cinerea* Whetzel, *Colletotrichum gloesporioides* (Penz.) Penz. y Sacc., *Geotrichum candidum* Link, *Rhizopus stolonifer* Vuillemin, *R. oryzae* Went & H.C. Prinsen Geerlig, *Phytophthora citrophthora* (R.E. Sm. & E.H. Sm.) Leonian, colonicen, desarrollen y se diseminen dentro y fuera de los frutos (Tuset, 2015). Por lo tanto, la incidencia de las podredumbres depende de una combinación de factores, tales como, las características intrínsecas del fruto, entre ellas los compuestos volátiles (Droby et al., 2008; Wang et al., 2012) y el manejo durante la recolección y posterior manipulación poscosecha.

En el caso de los cítricos, la principal estrategia para el control de hongos es la aplicación de fungicidas órgano-sintéticos, como ortofenilfenato sódico, tiabendazol, imazalil o guazantina (Kanetis et al., 2008; Ritenour et al., 2022). No obstante, el uso continuado de este tipo de fungicidas presenta varias limitaciones importantes, como la aparición de cepas resistentes (Boubaker et al., 2009; Erasmus et al., 2015), las restricciones regulatorias sobre la aceptación de residuos en países importadores de cítricos y el posible efecto perjudicial de estos compuestos sobre la salud y el ambiente (Jurak et al., 2021).

Otro procedimiento utilizado para prolongar la vida de los frutos cítricos una vez cosechados, es el almacenamiento refrigerado, previo a un preenfriamiento de los frutos, favoreciendo la permanencia por más días en almacenamiento a temperaturas de $6 \pm 0,5$ °C (Genovese et al., 2020). El flujo de aire caliente, constituye otra alternativa, la cual, permite una máxima prevención de la pérdida de biomasa y previene la descomposición del fruto (Wan et al., 2020).

En Ecuador, las pérdidas por manejo poscosecha están alrededor del 50% (Valarezo, 2014), y es poca la información disponible de estudios que detallen técnicas de este tipo de manejo. Entonces es importante realizar un compilado de las técnicas existentes para ofrecer al citricultor de Ecuador alternativas de manejo posterior a la cosecha. Expresada la problemática, la presente investigación tuvo como objetivo recopilar información sistémica, aplicativa y de gran utilidad sobre técnicas de manejo de enfermedades poscosecha en frutos de cítricos (*Citrus* spp.) en Ecuador.

Metodología

Para la elaboración del artículo de revisión, se usaron las bases de datos Springer, Scielo, Latindex, Dialnet, Google Académico donde se buscó trabajos de investigación colocando palabras claves como criterio de revisión: poscosecha, enfermedad, cítricos, cosecha, producción, *P. digitatum*, *P. italicum*, fungicida, almacenamiento, frío, calor, manejo poscosecha de cítricos, microorganismos antagonistas, *Pseudomonas*, *Trichoderma*, levaduras, bioquímicos, aceites esenciales, fungicida botánico, bioinsecticidas, Ecuador.

Desarrollo

Enfermedades poscosecha

Los cítricos, presentan enfermedades causadas por patógenos desde la floración hasta la cosecha y posteriormente por patógenos poscosecha que afectan la producción del cultivo y deterioran considerablemente la calidad del fruto (Naqvi, 2004); existen enfermedades precosecha, causadas por patógenos que infectan el fruto, pero que, por causas diversas, permanecen latentes o inactivas hasta después de la recolección y el almacenamiento (Brown, sf.; Naqvi, 2004). Este es el caso de la pudrición negra, reportada inicialmente en naranjo, pero actualmente afecta a la mayoría de los cítricos (Pierce, 1902; Umer et al., 2021), cuyo agente causal es *Alternaria* (Pierce, 1902).

Peever et al. (2005) indicaron que el hongo asociado a la mancha negra fue *A. alternata*. Las infecciones de este patógeno fueron latentes principalmente en las ramas y también en las flores (El-Otmani et al., 2011; Camiletti et al., 2022). Este patógeno ingresa por el pedúnculo del fruto, afectando los sacos de pulpa (endocarpio) y posteriormente la cáscara (exocarpio o epicarpio; Pierce, 1902). El-Otmani et al. (2011) indicaron que la enfermedad de la mancha marrón, que infectó la superficie del fruto, fue causada por *A. alternata*.

Otras enfermedades precosecha, incluyendo sus agentes causales fueron la pudrición gris (*B. cinerea*), la marrón (*P. citrophthora*), las pedunculares (*Diplodia natalensis* P. Evans y *Phomopsis citri* Fawcett), la antracnosis (*C. gloeosporioides*), entre otras, cuya incidencia fue menor y únicamente pueden resultar importantes en ciclos de producción, zonas o condiciones concretas (Zhao et al., 2015; Saito, 2017).

Las enfermedades poscosecha en los cítricos, pueden iniciarse por la infección del fruto durante la fase de crecimiento; otras enfermedades se originan en lesiones que se crean durante la cosecha y posterior manipulación del fruto (Eckert, 1978). Todas fueron consideradas enfermedades de poscosecha debido a que independientemente del momento en que puedan iniciar la infección del fruto, evitaron su llegada en buenas condiciones al destino final que fue el consumidor (Fallik, 2021).

Los principales agentes patógenos que causaron enfermedades poscosecha en cítricos, fueron: *P. digitatum* (Pers. Fr.) Sacc, *P. italicum*, y *Geotrichum citri-aurantii* Butler, podredumbre ácida (Mercier y Smilanick, 2005), aunque fue poco común su presencia puede causar grandes pérdidas en época de lluvia (Mercier y Smilanick, 2005; Wang et al., 2018). *Phyllosticta citricarpa* (teleomorfo: *Guignardia citricarpa*), es un hongo ascomiceto, agente causal de la mancha negra de los cítricos, que infecta a casi todas las especies económicamente importantes, causando graves pérdidas económicas en la producción de África, Asia, Australia y América del Sur (EFSA, 2014).

Aunque existen algunas enfermedades poscosechas, las causadas por *P. digitatum* y *P. italicum*, fueron las más comunes y destructivas (Ecker, 1989), debido a la reproducción masiva de esporas asexuales, que contribuyen a la epidemia del moho (Wang et al., 2014). Existen varios factores que favorecen la

infección del fruto como: heridas en la corteza, un avanzado estado de maduración y condiciones ambientales adecuadas para el crecimiento del hongo (temperatura de 24 °C y humedad del aire en 80%) (EFSA, 2014).

Penicillium digitatum pertenece al Reino: Fungi, División: Ascomycota, Clase: Eurotiomycetes, Orden: Eurotiales, Familia: Trichocomaceae (Palou, 2014). Este hongo muestra un rango de hospedantes notablemente limitado, pudiendo infectar principalmente frutos maduros pertenecientes a la familia Rutaceae (Henrique et al., 2019). Las esporas de *P. digitatum* pueden activarse rápidamente y comenzar la colonización después de entrar en contacto con las heridas de los cítricos. En frutos de naranjo, la incidencia de pudrición puede llegar a 80% en 48 h y el 100% a las 60 h (Qian et al., 2019). Luego de la activación de las esporas, el desarrollo fúngico adicional, como la germinación de las esporas, el crecimiento de los tubos germinales, la formación de conidióforos, filídes y nuevos conidios, se completan en dos días, a partir de este momento, las heridas de los cítricos también se pudrirán (Wang et al., 2014; Qian et al., 2019).

Mediante y luego de la infección, los genes asociados con factores patogénicos, como las enzimas que degradan la pared celular, el etileno, los ácidos orgánicos y los efectores, fueron significativamente regulados o expresados en el ADN del patógeno (Yang et al., 2019). A esto se suma la capacidad de *P. digitatum* para enfrentar la producción de peróxido de hidrógeno por parte del huésped, debido al aumento de la producción de catalasa (Henrique et al., 2019).

En el caso de *P. italicum*, al igual que *P. digitatum*, pertenece al Reino: Fungi, División: Ascomitoca, Clase: Eurotiomycetes, Orden: Eurotiales, Familia: Trichocomaceae. Este hongo, a diferencia de *P. digitatum*, presenta otros huéspedes, enumerados en la base de datos de hongos del USDA-ARS, incluyendo aguacate, mango, camote, caqui, melón, tomate, *Prunus* spp., *Pyrus* spp., trigo y uva (Farr y Rossman, 2013). Presenta conidióforos que se originan en el sustrato u ocasionalmente en hifas superficiales y son terverticilados, hialinos, generalmente con las ramas adpresas, con estípites y métulas de 100-250 × 3,5-5,0 μm más o menos cilíndricos, de paredes lisas, con tres a seis filídes cada uno (Palou, 2014).

En cuanto a la infección en cítricos, los principales factores de virulencia y colonización conocidos en esta interacción fitopatológica fueron promovidos por las enzimas hidrolíticas poligalacturonasas (PG) producidas por *P. italicum* que provocaron maceración de tejidos o pudrición de frutos. Estas enzimas funcionaron mejor a pH más bajos y, dado que *P. italicum* fue capaz de acidificar el ambiente con la acumulación de ácidos orgánicos, especialmente ácido cítrico, la actividad de estas enzimas se ve favorecida durante la infección (Prusky et al., 2004). Otro mecanismo de la infección por *P. italicum* es la regulación a la baja de las expresiones génicas de la glicoproteína rica en hidroxiprolina (HRGP) y la proteína similar a la germinación (GLP), que están relacionadas con la pared celular del fruto (Li et al., 2019).

A nivel transcripcional, *P. italicum* induce la modificación de la pared celular al aumentar la expresión de los genes



XTH21, *XTH29*, *XTH33* y *Expansin-A16*, que contribuyen a la degradación de la pared celular. Aunque existe un aumento en la producción de lignina, que está relacionado con un mecanismo de defensa de los cítricos, la infección del fruto por *P. italicum* es exitosa (Li et al., 2019).

Técnicas químicas de manejo de enfermedades poscosecha de cítricos

Entre las técnicas químicas para el control de las enfermedades poscosecha en cítricos, los fungicidas sintéticos son los más usados (Wang et al., 2018; Ladino, 2020). Entre los fungicidas más utilizados en poscosecha de cítricos se encuentran el imazalil (IMZ), el tiabendazol (TBZ), el ortofenilfenato sódico (SOPP) todos ellos con una eficacia media o alta contra *Penicillium* spp. La guazatina, eficaz contra *G. citri-aurantii*, y el fosetil-Al, eficaz contra *P. citrophthora* (Camarasa, 2012; Pássaro et al., 2012; D'Aquino et al., 2013; Erasmus et al., 2015).

El imazalil, se ha evaluado en limón Meyer, con aplicación por aspersión e inmersión, obteniéndose mayor porcentaje de inhibición de crecimiento al cuarto y octavo día, siendo la mejor dosis 0,5 g·L⁻¹ del tratamiento químico (Ladino, 2020). En naranja Valencia, inoculada con *P. digitatum* y tratada con el fungicida imazalil en dosis de 1500 mg·L⁻¹, se redujo la incidencia de la pudrición a menos del 15%, siendo más efectivo en el biotipo sensible (Lado et al., 2011). Erasmus et al. (2015), usando naranja Valencia y tratamiento curativo y preventivo con varios fungicidas, encontraron que el imazalil tuvo un control y acción de protección de alrededor del 90% en cepa sensible, mientras que, en cepas resistentes y altamente resistentes, la efectividad fue baja.

Entre los fungicidas usados, orto-fenil-fenol sódico y el pirimetanil controlan mejor a los aislados resistentes, mientras que su uso con acción preventiva, solo el pirimetanil tuvo un efecto de 50% en cepas resistentes y altamente resistentes. Se han determinado alternativas para mejorar el control y evitar la resistencia, entre éstas, específicamente la rotación con otras moléculas químicas como el pirimetanil (PYR) o fludioxonil (FLU) y a su vez en combinación con sales como el sorbato potásico (SP) y el bicarbonato sódico (BCS) que resultaron efectivos al reducir la incidencia y el porcentaje de frutos con esporulación en aislados resistentes al IMZ sin afectar a la calidad y biomasa del fruto (Lado et al., 2011). Al ser un fungicida de uso frecuente, actualmente hay cepas resistentes al fungicida, y al evaluar en ellas la efectividad del producto, este fue bajo (Lado et al., 2011; D'Aquino et al., 2013; Lado et al., 2013).

El uso de insecticidas bioquímicos, a base de aceites esenciales es trascendental (Velásquez et al., 2014; Ladino, 2020), su efectividad en la inhibición del crecimiento de los patógenos varía de acuerdo al aceite, la dosis utilizada y la especie del cítrico (Yahyazadeh et al., 2009). Entre los aceites esenciales

estudiados como alternativas de control de *P. digitatum* y *P. italicum*, se encuentra el aceite de mandarina, y las sustancias activas Carvacrol y Timol, obtenidos de orégano y tomillo, que a nivel in vitro inhibieron el crecimiento de los hongos y la esporulación entre un 50 y 100%. Entre los hongos evaluados, el más susceptible fue *P. digitatum* (Velásquez et al., 2014). Según estudios in vitro realizado por González (2013), los aceites de canela y clavo de olor en dosis de 500 µL en 1 L de medio de cultivo PDA, presentaron un 100% de inhibición del crecimiento de *P. digitatum* y *P. italicum*.

Otros componentes, son los péptidos microbianos y se usan como antibióticos (Jenssen et al., 2006), y se reportan excelentes resultados (Wang et al., 2018), al igual que las sales orgánicas e inorgánicas (Youssef et al., 2012). En el caso de su uso en cítricos, Wang et al. (2018) usaron el péptido cecropina para inhibir el crecimiento de los patógenos, encontrando que en concentraciones de 8 µmol·L⁻¹, los hongos *P. digitatum*, *P. italicum* y *G. candidum* no crecieron. En el caso de los péptidos, en especial, el PAF, un hexapéptido, el cual no induce resistencia en los cítricos, más bien daña la membrana de micelio y esporas (Wang et al., 2021).

Técnicas biológicas en el manejo de enfermedades poscosecha de cítricos

En los cítricos se han descrito más de 20 tipos diferentes de enfermedades poscosecha, que han sido la principal causa de deterioro del fruto y provocaron pérdidas económicas (Chen et al., 2019). Las principales enfermedades patológicas en poscosecha de cítricos, fueron causadas principalmente por hongos (Eckert, 1978), los cuales, produjeron micotoxinas, entre las que se incluyeron agentes potencialmente cancerígenos como la citrinina y la patulina (Frisvad 2018; Dukare et al., 2019), así como compuestos termogénicos, como las triptiquivalinas (Ariza et al., 2002) por lo que representan una amenaza para la salud (Dukare et al., 2019).

Los hongos patógenos en poscosecha de cítricos interactúan con otros microorganismos (Visintin et al., 2010), y en atención a las interacciones positivas y negativas, que puedan ocurrir, se buscan microorganismos que puedan ser usados en el manejo de enfermedades fúngicas poscosecha (Visintin et al., 2010; Hao et al., 2011), debido a que los microorganismos son una de las principales fuentes de productos naturales con actividades biológicas útiles, es decir, antifúngicos potenciales, antibióticos, agentes anticancerígenos, tensioactivos (Demain, 2014). Entre los microorganismos estudiados como alternativa de control de las enfermedades, están los hongos, bacterias y levaduras (Hao et al., 2011; Luo et al., 2012; Lu et al., 2013; Pu et al., 2014; Toffano et al., 2017).

Algunos microorganismos, entre ellos, las levaduras presentaron acción preventiva en la infección de *P. digitatum* y *P. italicum*,

y estimularon los mecanismos de defensa de los cítricos. Entre ellas, las levaduras *Cryptococcus laurentii* (Kufferath) Skinner), y *Rhodospiridium paludigenum* (Fell & Tallman), que pueden reducir la incidencia de la enfermedad hasta un 15%, y el tamaño de la lesión no superó los 3 mm (Lu et al., 2013). *Rhodospiridium paludigenum* aumentó los mecanismos de defensa de los frutos de cítricos, entre ellas algunas enzimas como: β 1,3-glucanasa, fenilalanina amoniaco-liasa, peroxidasa y polifenoloxidasa (Lu et al., 2013). Otra levadura con potencial biocontrol para *P. digitatum*, es *Clavispora lusitaniae* 146, que en concentraciones de 2 al 5% la eficiencia de protección puede llegar al 100%, además la protección mejora a mayores tiempos de incubación y concentraciones de esporas $5,19 \times 10^8$, $2,66 \times 10^9$, and $1,33 \times 10^{10}$ CFU·mL⁻¹ (Díaz et al., 2020). Luo et al. (2012) examinaron la capacidad de biocontrol de la levadura *Pichia membranifaciens* (E.C. Hansen), para controlar *P. italicum* y *P. digitatum* durante el almacenamiento, notando una menor incidencia de enfermedades en frutos cítricos sumergidos en 1×10^8 CFU·mL⁻¹ de *P. membranifaciens*, además, en los frutos sumergidos o inoculados con *P. membranifaciens* aumentaron el contenido de compuestos fenólicos y flavonoides, peroxidasa (POD), polifenoloxidasa (PPO), actividades de fenilalanina amoniaco-liasa (PAL), quitinasa (CHI) y β 1,3-glucanasa en la cáscara de cítricos, las cuales se correlacionaron con el inicio de la resistencia inducida.

Pu et al. (2014) utilizaron la levadura *Kloeckera apiculata* cepa 34-9 para el control biológico; en atención que en estudios anteriores demostraron que *K. apiculata* produjo alcohol aromático feniletanol, y su investigación encontraron que *K. apiculata* se adhería y formaba un biofilm en la superficie de los cítricos, lo que constituyó una barrera mecánica interpuesta entre la superficie de la herida y el patógeno. Toffano et al. (2017) evaluaron la efectividad de los COVs producidos por *Saccharomyces cerevisiae* para controlar el hongo filamentoso *Phyllosticta citricarpa*; e informaron que *P. citricarpa* expuesto a la mezcla sintética de estos COVs, afectó negativamente al fitopatógeno.

Panebianco et al. (2015) descubrieron que la cepa 34-9 de *K. apiculata*, es una levadura antagonista con actividad de control biológico contra las enfermedades poscosechas de los cítricos. La cepa CMAA-1112 de la levadura *Candida membranifaciens* redujo la severidad de enfermedad a través de la inducción de resistencia en el fruto (Terao et al., 2017). Por otra parte, Guedez et al. (2010) indicaron que *Trichoderma* spp. presentó actividad de control biológico contra *P. digitatum*, quienes también usaron quitosano y bicarbonato.

Visintin et al. (2010) obtuvieron microorganismos bioactivos de la microflora epífita de frutos recolectados de huertos con un manejo integral de enfermedades y buenas condiciones sanitarias, obteniendo 20 aislamientos bacterianos y 18 levaduras. El porcentaje de la microflora bioactiva varió de acuerdo al fruto cítrico, toronja (*Citrus grandis* (L.) Osbeck), mayormente levaduras (71%). De pomelo (*C. paradisi* Macfadyen), obtuvieron 50% de bacterias y 50% de levaduras, mientras que en naranjas (*C. sinensis* (L.) Osbeck) y mandarinas (*C. reticulata*

Blanco) predominaron las bacterias. Las cepas nativas que aislaron y evaluaron para el control de *P. digitatum*, presentaron efecto de antibiosis.

Especies de bacterias del género *Bacillus* han sido reportadas como inhibidores del crecimiento de una serie de patógenos vegetales a través de antagonismo, cuyo modo de acción fue la competencia por los nutrientes o el espacio, aunque no se puede excluir la interacción directa (Hong et al., 2014). Abraham et al. (2010) demostraron que las cepas de *B. subtilis* (Ehrenberg Cohn) tuvieron típicamente la capacidad de sobrevivir en superficies de limones y algunas fueron antagonistas a patógenos.

Hao et al. (2011) mencionaron que la cepa HF-01 de la bacteria *B. amyloliquefaciens* puede ser aislada de las superficies de cítricos, mandarina, caracterizándose por su actividad antifúngica, y por el hecho de ser un antagonista efectivo de los principales patógenos poscosecha. Otras bacterias como *Pseudomonas* spp., presentan actividad de biocontrol contra *P. digitatum* en limones y naranjas (Panebianco et al., 2015). Por otro lado, Luo et al. (2012) trabajando con la levadura biocontrol *Pichia membranifaciens* demostraron que controlaron diversas enfermedades fúngicas poscosechas de diferentes frutos en cítricos.

Técnicas poscosecha de origen físico

Pássaro et al. (2012) indicaron que la conservación a temperaturas bajas (3-5 °C para naranjas y mandarinas y 10-14 °C para limas, limones y pomelos, siempre con un 90-98% HR) fue un sistema físico complementario a otros tratamientos antifúngicos. Sin embargo, el almacenamiento a bajas temperaturas, puede afectar la calidad del fruto, el cual varía en función de la especie y las variedades de la especie (Ghasemnezhad et al., 2008; Balaguera y Palacios, 2018). El almacenamiento en estas condiciones no ejerció por sí mismo una actividad fungicida, pero sí una acción fungistática de inhibición o retraso del crecimiento de los patógenos. Por otro lado, ralentizó la actividad metabólica del fruto y retrasó la senescencia, ayudando así a mantener la resistencia natural del fruto a la infección (Pássaro et al., 2012).

Los principales tratamientos físicos antifúngicos se basaron en la aplicación de calor, ya sea mediante aire o agua caliente (Palou 2013). Los tratamientos más convencionales de curado en cítricos consistieron en la exposición de los frutos a temperaturas superiores a 30 °C y HR superiores al 90% durante 1-3 días. En relación a la influencia de temperatura, a 25 °C, *P. digitatum* y *P. italicum* alcanzaron el 100% de esporas germinadas dentro de las 15 h posteriores a la inoculación, mientras que su germinación se retrasó y disminuyó cuando la temperatura decayó a 10 y 4 °C o sobrepasó los 37 °C (Plaza et al., 2003).

Nunes et al. (2007) verificaron que el curado a 40 °C durante 18 horas permitió reducción total de la podredumbre verde y azul en naranja Valencia de diferentes orígenes y conservadas a 5 °C durante 5 días seguidas de 20 °C durante 7 días; asimismo, observaron que este curado no afectó negativamente la calidad de las naranjas (Nunes, 2007). Otro tratamiento gaseoso ensayado es la fumigación de cítricos con amoníaco (Montesinos-Herrero, 2011). La aplicación de 3.000 ppm de amoníaco a 22 °C durante 6 horas controló satisfactoriamente la podredumbre verde en naranjas y limones. Además, este sistema de control se mostró sinérgico con la aplicación de IMZ a dosis muy bajas.



Conclusiones

Las nuevas tecnologías que se investigan para el manejo de enfermedades poscosecha, entre ellas el uso de bioquímicos, biológicos y físicos son excelentes alternativas de manejo de las enfermedades poscosecha. Sin embargo, el uso de una sola medida no es suficiente, siendo necesario la aplicación de al menos dos medidas de manejo. Estos métodos de control enfatizan la prevención de enfermedades; no obstante, cada método utilizado reduce el porcentaje de daño en cierta cantidad, por lo que la combinación de los mismos resultaría una combinación eficaz, ciertamente esta alternativa debería evaluarse a profundidad para evitar daños posteriores en la calidad del fruto y la salud.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de interés en la presente publicación en ninguna de sus fases.

Referencias bibliográficas

- Ashebre, K. (2015). Pre-harvest and post-harvest factors affecting citrus fruit and post-harvest treatments. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 5, 19-29.
- Ariza, M. R., Larsen, T. O., Duus, J. Ø. y Barrero, A. F. (2002). *Penicillium digitatum* metabolites on synthetic media and citrus fruits. *J. Agric. Food Chem.*, 50, 6361-6365.
- Abraham, A. O., Laing, M. D. and Bower, J. P. (2010). Isolation and in vivo screening of yeast and *Bacillus* antagonists for the control of *Penicillium digitatum* of citrus fruit. *Biological Control*, 53(1), 32-38. doi:10.1016/j.biocontrol.2009.12.
- Balaguera, H. y Palacios, E. (2018). Comportamiento poscosecha de frutos de mandarina (*Citrus reticulata* Blanco) var. Arrayana: efecto de diferentes tratamientos térmicos. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 12(2), 369-378. <https://doi.org/10.17584/rcch.2018v12i2.7702>.
- Ballester, A. (2007). *Resistencia frente a la infección por Penicillium digitatum durante la poscosecha de los frutos cítricos bases moleculares y metabolismo de fenilpropanoides*. Valencia: Universitat de Valencia (Tesis doctoral). Universitat de Valencia, España.
- Brown, G. (s.f.). *Citrus disease-postharvest*. Florida Department of Citrus. Lake Alfred. 145-150.
- Boubaker, H., Saadi, B., Boudyach, E. and Benaoumar, A. (2009). Sensitivity of *Penicillium digitatum* and *P. italicum* to Imazalil and Thiabendazole in Morocco. *Plant Pathology Journal*, 4, 152-158.
- Camarasa, A. (2012). *Beneficios de tiabendazol en conservación*. Encuentro de los profesionales en sanidad vegetal. pp. 104-105. España: Phytoma.
- Camiletti, B., Lichtemberg, P., Paredes, J., Carraro, T., Velascos, J. and Michailides, T. (2022). Characterization, pathogenicity, and fungicide sensitivity of *Alternaria* isolates associated with preharvest fruit drop in California citrus. *Fungal Biology*, 126 (4), 277-289.
- Chen, J., Shen, Y., Chen, C. and Wan, C. (2019). Inhibition of key citrus postharvest fungal strains by plant extracts in vitro and in vivo: A review. *Plants* 8, 26.
- D'Aquino, S., Angioni, A., Suming, D., Palma, A. and Schirra, M. (2013). Residue levels, persistence and effectiveness of imazalil against a resistant strain of *Penicillium digitatum* when applied in combination with heat and sodium bicarbonate. *Commun. Agric Appl. Biol. Sci.*, 78(2):139-149. PMID: 25145234.
- Demain, L. (2014). Importance of microbial natural products and the need to revitalize their discovery. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.*, 41, 185-201. DOI 10.1007/s10295-013-1325
- Droby, S., Eick, A., Macarasin, D., Cohen, L., Rafael, G., Stange, R., McColumb, G., Dudai, N., Nasser, D., Wisniewski, M. and Shapira, R. (2008). Role of citrus volatiles in host recognition, germination and growth of *Penicillium digitatum* and *Penicillium italicum*. *Postharvest Biology and Technology*, 49, 386-396.
- Dukare, A. S., Paul, S., Nambi, V. E., Gupta, R. K., Singh, R., Sharma, K. and Vishwakarma, R. K. (2019). Exploitation of microbial antagonists for the control of postharvest diseases of fruits: A review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 59, 1498-1513.
- Eckert, J. (1978). Post-harvest diseases of citrus fruits. *Agriculture*, 9, 225-232.
- Eckert, J. and Eaks, I. (1989). *Postharvest disorders and diseases of citrus fruits*. pp. 179-260. In: The citrus industry. Reuther, W., Calavan, E., Carman, G. (Eds.). Berkeley: University of California Press.
- Erasmus, A., Lennox, Ch., Korsten, L., Lesar, K. and Fourie, P. (2015). Imazalil resistance in *Penicillium digitatum* and *P. italicum* causing citrus postharvest green and blue mould: Impact and options. *Postharvest Biology and Technology*, 107, 66-76. doi:10.1016/j.postharvbio.2015.05.008
- European Food Safety Authority (EFSA). (2014). Scientific opinion on the risk of *Phyllosticta citricarpa* (*Guignardia citricarpa*) for the EU territory with identification and evaluation of risk reduction options. *EFSA Journal*, 12, 2-243.

- Farr, D. and Rossman, A. (2013). Fungal databases, systematic mycology and laboratory. ARS, USDA: <https://nt.ars-grin.gov/fungalbases/>.
- Frisvad J. (2018). A critical review of producers of small lactone mycotoxins: Patulin, penicillic acid and moniliformin. *World Mycotoxin J.*, 11, 73-100. doi: 10.3920/WMJ2017.2294.
- Forsyth, J. and Damiani, J. (2016). *Encyclopedia of foods sciences an nutrition*. Baja California, USA: Edición Second.
- Ghasemnezhad, M., Marsh, K., Shilton, R., Babalar, M. and Woolf, A. (2008). Effect of hot water treatments on chilling injury and heat damage in 'satsuma' mandarins: Antioxidant enzymes and vacuolar ATPase, and pyrophosphatase. *Postharvest Biology and Technology*, 48, 364-371.
- González, R. (2013). *Aplicación de esencias de canela y clavo como alternativa a los fungicidas de síntesis en el control de las podredumbres de limón*. Cartagena, Colombia.
- Guédez, C., Cañizalez, L., Castillo, C., Olivar, R. and Maffei, M. (2010). Alternativas para el control de hongos poscosecha en naranjas valencia (*Citrus sinensis*). (2. f.-2. Retrieved July 30, Ed.). *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología*, 34(2), 43-47.
- Hanif, Z. and Ashari, H. (2021). *Post-harvest losses of citrus fruits and perceptions of farmers in marketing decisions*. E3S Web of Conferences, 306, 02059. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202130602059>.
- Henrique, J., Moraes, J., Guilherme de Moraes, J. and Pacheco, T. (2019). *Penicillium digitatum* infection mechanisms in citrus: What do we know so far? *Biología Fúngica*, 123(8), 584-593.
- Hoa, W., Li, H., Hu, M., Yang, L. and Rizwan-ul-Haq, M. (2010). Integrated control of citrus green and blue mold and sour rot by *Bacillus amyloliquefaciens* in combination with tea saponin. *Postharvest Biology and Technology*, 59, 316-323.
- Hong, P., Hao, W., Luo, J., Chen, S., Hu, M. and Zhong, G. (2014). Combination of hot water, *Bacillus amyloliquefaciens* HF-01 and sodium bicarbonate treatments to control postharvest decay of mandarin fruit. *Postharvest Biol. Tec.*, 88, 96-102.
- Iqbal, Z., Iqbal, J., Abbas, I. and Kamran, M. (2017). Innovative strategies for eco-friendly management of citrus blue mold disease caused by *Penicillium italicum* Whemer. *Agriculture & Food*, 5, 361-365.
- Jenssen, H., Hamill, P. and Hancock, R. E. (2006). Peptide antimicrobial agents. *Clin. Microbiol. Rev.*, 19, 491-511. doi: 10.1128/CMR.00056-05
- Jurak, G., Bosnir, J., Dikic, D., Mojsovic, A., Pavlinic, I., Rac, A., Jukic, T., Stubljari, D. and Starc, A. (2021). The risk assessment of pesticide ingestion with fruit and vegetables for consumer's health. *Hindawi International Journal of Food Science*, 8 p.
- Kanetis, L., Förster, H. and Adaskaveg, J. E. (2008). Baseline sensitivities for new postharvest fungicides against *Penicillium* spp. on citrus and multiple resistance evaluations in *P. digitatum*. *Plant Dis.* 92, 301-310. doi:10.1094 / PDIS-92-2-0301
- Ladino, E. (2020). *Evaluación del fungicida imazalil en el control de Penicillium spp., en limón Meyer (Citrus meyerii Y.)*. Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ciencias Agrícolas, Carrera de Ingeniería Agronómica. Quito, Ecuador.
- Lado, J., Luque, E., Blanco, O. y Pérez-Faggiani, E. (2011). Evaluación de alternativas para el control poscosecha de aislamientos de *Penicillium digitatum* resistentes a imazalil. *Agrociencia Uruguay*, 15, 55-63.
- Lado, J., Perez, E., De Nigris, A., Dol, I. y Knochen, M. (2013). Residuos en frutos de naranja del fungicida imazalil aplicado en poscosecha y su efecto en el control de moho verde. *Agrociencia Uruguay*, 17(2), 83-90.
- Li, T., Shi, D., Wu, Q., Yin, C., Li, F., Shan, Y. and Jiang, Y. (2019). Mechanism of cellwall polysaccharides modification in harvested 'Shatangju' Mandarin (*Citrus reticulata* Blanco) fruit caused by *Penicillium italicum*. *Biomolecules*, 9, 1-13.
- Lu, L., Lu, H., Wu, C., Fang, W., Yu, C., Ye, C. and Zheng, X. (2013). *Rhodosporidium paludigenum* induces resistance and defense-related responses against *Penicillium digitatum* in citrus fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 85, 196-202.
- Luo, Y., Zeng, K. and Ming, J. (2012). Control of blue and green mold decay of citrus fruit by *Pichia membranefaciens* and induction of defense responses. *Sci. Hortic.*, 135, 120-127.
- Mercier, J. and Smilanick, J. (2005). Control of green mold and sour rot of stored lemon by biofumigation with *Muscodor albus*. *Biological Control*, 32, 401-407.
- Montesinos-Herrero, C., Smilanick, J. L., Tebbets, J. S., Walse, S. and Palou, L. (2011). Control of citrus postharvest decay by ammonia gas fumigation and its influence on the efficacy of the fungicide imazalil. *Postharvest Biol. Technol.*, 59(1), 85-93.
- Murray, R., Candan, A. y Vázquez, D. (2019). *Manual de poscosecha de frutas*. Manejo integrado de patógenos. Buenos Aires: INTA.
- Muñoz Lazcano, A. A. (2011). *Derterminación del tiempo de frigo conservación y calidad de frutos de limón mexicano de clones sin espina y sin semilla*. (Master's thesis).
- Nunes, C., Usall, J., Manso, T., Torres, R., Olmo, M. and García, J. M. (2007). Effect of high temperature treatments on growth of *Penicillium* spp. and their development on 'Valencia' oranges. *Food Science and Technology International*, 13(1), 63-68.

- Naqvi, S. A. M. H. (2004). *Diagnosis and management of pre and post-harvest diseases of citrus fruit*. In: Naqvi, S. A. M. H. (Ed.). *Diseases of fruits and vegetables Volume I*. Springer, Dordrecht.
- El-Otmani, M. and Ait-Oubahou, A. (2011). *Citrus spp.: orange, mandarin, tangerine, clementine, grapefruit, pomelo, lemon and lime*. pp. 437-514. In: Yahia, E. *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits*. Oxford: Woodhead Publishing Limited.
- Pássaro, C., Nunes, C. and Palou, L. (2012). *Control of postharvest diseases*. pp. 286-305. In: Garcés, L. (Ed.). *Citrus: cultivation, post-harvest and industrialization*. Caldas: Lasallian University Corporation
- Palou, L. (2013). *Heat treatments for the control of citrus postharvest green mold caused by Penicillium digitatum*. pp. 508-514. In: Mendez, A. (Ed.). *Microbial pathogens and strategies for combating them: science, technology and education*. Bajadoz, España. Formatex.
- Palou, L. (2014). *Penicillium digitatum, Penicillium italicum (Green Mold, Blue Mold)*. pp. 45-102. In: Bautista, S. (Ed.). *Postharvest Decay*. Elsevier Inc.
- Panebianco, S., Vitale, A., Polizzi, G., Scala, F. and Cirvilleri, G. (2015). Enhanced control of postharvest citrus fruit decay by means of the combined use of compatible biocontrol agents. *Biological Control*, 84, 19-27. doi:10.1016/j.biocontrol.2015.02.001.
- Peever, T., Carpenter-Boggs, L., Timmer, L., Carris, L. and Bhatia, A. (2005). Citrus black rot is caused by phylogenetically distinct lineages of *Alternaria alternata*. *Phytopathology*, 512-518.
- Pierce, N. (1902). Black rot of oranges. *Botanical Gazette*, 234-235.
- Plaza, P., Usall, J., Teixidó, N. and Viñas, I. (2003). Effect of water activity and temperature on germination and growth of *Penicillium digitatum*, *P. italicum* and *Geotrichum candidum*. *Journal of Applied Microbiology*, 94, 549-554.
- Pu, L., Jingfan, F., Kai, C., Chao-an, L. and Yunjiang, C. (2014). Phenylethanol promotes adhesion and biofilm formation of the antagonistic yeast *Kloeckera apiculata* for the control of blue mold on citrus. *FEMS Yeast Res.*, 14, 536-546.
- Prusky, D., McEvoy, J., Saffner, R., Conway, W. and Jones, R. (2004). Relationship between host acidification and virulence of *Penicillium* spp. on apple and citrus fruit. *Phytopathology*, 94, 44-51.
- Qian, X., Yang, Q., Zhang, Q., Abdelhai, M. H., Dhanasekaran, S., Serwah, B. N. A., Gu, N.; and Zhang, H. (2019). Elucidation of the initial growth process and the infection mechanism of *Penicillium digitatum* on postharvest citrus (*Citrus reticulata* Blanco). *Microorganisms*, 7, 485, 1-15. <https://doi.org/10.3390/microorganisms7110485>
- Ritenour, M., Zhang, J., Cano, L. and Dewdney, M. (2022). *2022-2023 Florida citrus production guide: Decay control of Florida fresh citrus*. UF/IFAS Extension publications doi.org/10.32473/edis-ch081-2022
- Ron, P., Amnon, L., Leon, T., Harker, R. and Buzby, J. (2018). Postharvest losses of fruit and vegetables during retail and in consumers homes: Quantifications, causes, and means of prevention. *Postharvest Biology and Technology*, 39, 135-149.
- Saito, S. and Xiao, C. (2017). Emerging post-harvest fruit root diseases of mandarins. *Citrograph*, 8, 44-47.
- Sonkar, R., Sarnaik, D., Dikshit, S., Saroj, P. and Huchche, A. (2008). Post-harvest management of citrus fruits: A review. *Journal Food Science Technology*, 45(3), 199-208.
- Terao, D., de Lima Nechet, K., Silva Ponte, M., Nunes Maia, A. de H., Delgado de Almeida Anjos, V. and Halfeld-Vieira, B de A. (2017). Physical postharvest treatments combined with antagonistic yeast on the control of orange green mold. *Sci. Hortic.*, 224, 317-323.
- Toffano, L., Fialho, M. B. and Pascholati, S. F. (2017). Potential of fumigation of orange fruits with volatile organic compounds produced by *Saccharomyces cerevisiae* to control citrus black spot disease at postharvest. *Biol. Control*, 108, 77-82.
- Thirunavukkarasu, S. A., Kumar, N. V. and Rawat, V. (2020). A review on techniques of various post-harvest treatments on *Citrus* spp. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.*, 9(11), 2670-2680.
- Tuset, J. (2015). Perspectivas del control de podredumbres en poscosechas de cítricos. *Revista Levante Agrícola de España*, 277-280.
- Umer, M., Mubeen, M., Ateeq, M., Shad, M., Atiq, M., Kaleem, M., Iqbal, S., Shaikh, A., Ullah, I., Khan, M., Kalhor, A. and Abbas, A. (2021). Etiology, epidemiology and management of citrus black rot caused by *Alternaria citri*- an outlook. *Plant Protection*, 05, 105-115.
- Valarezo-Concha, A., Valarezo Cely, O., Mendoza-García, A.; Álvarez-Plúa, H. (2014). *Guía técnica sobre el manejo de los cítricos en el litoral ecuatoriano*. Portoviejo, Ecuador: Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias-Estación Experimental Portoviejo. Manual Técnico N° 101.

- Velásquez, M., Álvarez, R., Tamayo, P. y Carvalho, C. (2014). Evaluación in vitro de la actividad fungistática del aceite esencial de mandarina sobre el crecimiento de *Penicillium* sp. *Corpoica Ciencia Tecnológica Agropecuaria*, 15, 7-14.
- Visintin, G., Fállico, L. y García, B. (2010). Manejo de mohos poscosecha de cítricos mediante antagonistas microbianos. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, 40, 187-214.
- Wan, C., Kahramanoglu, I., Chen, J., Gan, Z. and Chen, C. (2020). Effects of hot air treatments on postharvest storage of newhall navel orange. *Plants*, 9, 1-15.
- Wang, M., Sun, X., Zhu, C., Xu, Q., Ruan, R., Yu, D. and Li, H. (2014). *PdbrlA*, *PdabaA* and *PdwetA* control distinct stages of conidiogenesis in *Penicillium digitatum*. *Research in Microbiology*, 166, 56-65.
- Wang, H., Tao, N., Huang, S. and Liu, Y. (2012). Effect of Shatangju (*Citrus reticulata* Blanco) essential oil on spore germination and mycelium growth of *Penicillium digitatum* and *P. italicum*. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 15(5), 715-723.
- Wang, W., Liu, S., Deng, L., Ming, J., Yao, S. and Zeng, K. (2018). Control of citrus post-harvest green molds, blue molds, and sour root by the Cecropin A-Melittin Hybrid Peptide BP21. *Front. Microbiol.*, 1-9.
- Wang, W., Feng, G., Li, X., Ruan, C., Ming, J. and Zeng, K. (2021). Inhibition of three citrus pathogenic fungi by peptide PAF56 involves cell membrane damage. *Foods*, 10:2031, 1-11. doi: 10.3390/foods10092031
- Wang, X., Chen, G., Huang, F., Zhang, J., Hide, K. D. and Li, H. (2012). *Phyllosticta* species associated with citrus diseases in China. *Fungal Divers*, 52(1), 209-224.
- Yahyazadeh, M., Zare, R., Omidbaigi, R., Faghhi-Nasiri, M. and Abbasi, M. (2009). Control of *Penicillium decay* on citrus fruit using essential oil vapours of thyme or clove inside polyethylene and nano-clay polyethylene films. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 84, 403-409.
- Yang, Q., Qian, X., Dhanasekaran, S., Boateng, N. A. S., Yan, X., Zhu, H., He, F. and Zhang, H. (2019). Study on the infection mechanism of *Penicillium digitatum* on postharvest citrus (*Citrus reticulata* Blanco) based on transcriptomics. *Microorganisms*, 7(12), 672.
- Youssef, K., Ligorio, A., Sanzani, S., Nigro, F. and Ippolito, A. (2012). Control of storage diseases of citrus by pre- and postharvest application of salts. *Postharvest Biology and Technology*, 72, 57-63.
- Zhao, W., Bai, J., McCollum, G. and Baldwin, E. (2015). High incidence of preharvest colonization of huanglongbing symptomatic *Citrus sinensis* fruit by *Lasiodiplodia theobromae* (*Diplodia natalensis*) and exacerbation of postharvest fruit decay by that fungus. *Applied and Environmental Microbiology*, 81, 364-372.
- Zhong, G. and Nicolosi, E. (2020). *Citrus origin, diffusion, and economic importance*. pp. 5-21. Gentile, A., La Malfa, S. and Deng, Z. (Eds.). *The Citrus Genome*. Compendium of Plant Genomes. Cham, Switzerland: Springer.

Contribución de los autores

Autores	Contribución
Cristhian Jesús Chávez Caicedo	Propuesta de tema y búsqueda de artículos relacionados a la temática, escritura de referencia.
Jessenia Rosanna Castro Olaya	Propuesta de tema y búsqueda de artículos relacionados a la temática, análisis de la información recopilada, revisión del documento e incorporación de información.
Adriana del Carmen Celi Soto	Revisión del documento e incorporación de información y referencias bibliográficas.
Dorys Terezhina Chirinos Torres	Revisión del documento e incorporación de información y referencias bibliográficas.

