

El babaco (*Vasconcellea heilbornii* var. *pentagona* Badillo). Principales agentes fitopatógenos y estrategias de control **Babaco (*Vasconcellea heilbornii* var. *pentagona* Badillo). Major plant pathogens and control strategies**

Angel Rolando Robles-Carrión¹, Lidcay Herrera-Isla², Roldán Torres-Gutiérrez³

¹Centro de Biotecnología, Universidad Nacional de Loja. Ciudad Universitaria Guillermo Falconí Espinosa “La Argelia” - PBX: 072547252 - Casilla Letra “S”. Loja-Ecuador. CP 110150.

²Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Santa Clara, Villa Clara, Cuba. CP 54830.

³Carrera de Ingeniería Ambiental, Universidad Estatal Amazónica, km 2 1/2 vía Puyo a Tena (Paso Lateral). CP 160150.

E-mail: anroca1980@gmail.com; roldantg@gmail.com; lidcayhi@uclv.edu.cu

RESUMEN. El presente trabajo se realizó con el objetivo de documentar la importancia del cultivo del Babaco para la región andina, sus principales agentes fitopatógenos, así como las posibles estrategias de control y manejo integrado, haciendo énfasis en la MVB. Se realizó una revisión sistemática de artículos científicos publicados en prestigiosas revistas, así como tesis de diplomas, maestrías y doctorados, procedentes de diversas universidades. Como criterio de inclusión-exclusión se tuvo en cuenta los estudios en las especies del género *Vasconcellea*. De las 21 especies de *Vasconcellea* descritas el Ecuador posee 15, de las cuales más de la mitad se encuentran en la provincia de Loja. La enfermedad de la Marchitez Vasculosa del Babaco (MVB), es ocasionada por un complejo de hongos del género *Fusarium* que interactúan con la planta. No existen estrategias de manejo integrado para la Marchitez Vasculosa del Babaco probadas científicamente.

Palabras clave: Agentes microbianos, babaco, control, fitopatología.

ABSTRACT. This work was carried out with the aim of documenting the importance of Babaco for the Andean region, its main plant pathogens, and possible control strategies and integrated management, emphasizing the MVB. Was performed a systematic review of scientific papers published in prestigious journals and thesis diplomas, masters and doctorates from various universities. As a criterion for inclusion-exclusion studies were taken into account in the genus *Vasconcellea*. Ecuador has 15 of the 21 described species, of which more than half are located in the province of Loja. Vascular Wilt Babaco (MVB) is caused by a complex of *Fusarium* fungi that interact with the plant. There are no integrated management strategies for Vascular Wilt Babaco scientifically proven.

Key words: Microbial agents, babaco, control, phytopathology.

INTRODUCCIÓN

Ecuador es un país conocido por su riqueza biológica, debido a una amplia variabilidad de climas que van desde el polar hasta el tropical (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2014). Estas características geográficas, climatológicas y ecológicas lo ubican entre los países con más amplia biodiversidad por unidad de superficie a nivel global (Dafermos y Vivero-Pol, 2015).

Esta amplia diversidad biológica, proyecta a la actividad agrícola y la seguridad alimentaria

como actividades principales dentro de la economía nacional (Dicano y Naranjo, 2014). En este contexto, se destaca el auge que existe en la producción de cultivos agrícolas exóticos y ancestrales, uno de los cuales es el babaco (*Vasconcellea heilbornii* var. *pentagona* Badillo). Esta planta nativa del sur del Ecuador posee un gran potencial como especie cultivable. Su fruto es considerado de óptimas características para la exportación por poseer ventajas tales como: la

ausencia de semillas, tener una cutícula delgada y el agradable sabor de su pulpa (Robles-Carrión *et al.*, 2014). De acuerdo con la clasificación más reciente realizada por Badillo (2001), la especie *heilbornii* del género *Vasconcellea*, es un híbrido natural partenocárpico, el cual es el resultado de la hibridación interespecífica de las especies *V. stipulata* y *V. pubescens*, cuyo centro de origen radica en los valles interandinos de la provincia de Loja, Ecuador (Robles-Carrión y Sánchez-Rodríguez, 2013).

La propagación del babaco es asexual, dado que no produce semillas. Se realiza utilizando partes de las plantas, tales como brotes tiernos, estacas o por injertos, dando lugar a típicos problemas fitopatológicos y a la degeneración de la especie (Freire, 2015).

Existe una amplia gama de agentes fitopatógenos que se relacionan con el cultivo del babaco en sus diferentes etapas vegetativas y reproductivas, dentro de ellos nematodos, virus, bacterias y hongos. Este último grupo microbiano es uno de los más estudiados, por las crecientes pérdidas que ocasionan a su productividad (Mendes *et al.*, 2013). Desde su descubrimiento por Ochoa y Fonseca (2000) y hasta la actualidad, la Marchitez Vasculosa del Babaco (MVB), causada por *Fusarium oxysporum*, es una de las enfermedades que causa mayores pérdidas en los rendimientos de este fruto, lo cual ha llevado a muchos agricultores a cambiar sus hábitos productivos. Recientemente, investigaciones realizadas por Robles-Carrión *et al.* (2014), reportan que la proliferación de la enfermedad no se debe solamente a la incidencia de *F. oxysporum*, sino que se establece un sistema patológico que interacciona con la planta. Esta puede ser una de las causas por la cual las estrategias de control de la enfermedad se hacen poco efectivas (Mendes *et al.*, 2013). No obstante, existen algunas prácticas culturales a través de la creación de ambientes desfavorables para el patógeno que pueden evitar el desarrollo y la propagación de la enfermedad. Asimismo, el uso de antagonistas en la supresión de *Fusarium*, ha sido reconocido como una alternativa al manejo de esta enfermedad, pero no con muy buenos resultados (Chen *et al.*, 2014).

Al tener en cuenta el escaso conocimiento de este cultivo ancestral del Ecuador y en especial sus principales agentes fitopatógenos, el presente trabajo se centró en documentar la importancia del cultivo del Babaco para la región andina, sus principales agentes fitopatógenos, así como

las posibles estrategias de control y manejo integrado, haciendo énfasis en la MVB.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño y Estrategia de búsqueda

Se realizó una revisión sistemática de artículos científicos publicados en prestigiosas revistas nacionales e internacionales, así como tesis de diplomas, maestrías y doctorados, procedentes de universidades ecuatorianas y de otras universidades en el mundo.

Se llevó a cabo una búsqueda en bases de datos internacionales, tales como: Springer, Elsevier, Scopus, Scimago, EBSCO y regionales tales como: Scielo, Redalyc y Latindex. Se analizaron publicaciones de artículos científicos, tesis y de comunicaciones científicas realizadas por diferentes revistas, universidades, sociedades y asociaciones profesionales, tanto en Ecuador como en el contexto internacional sobre el cultivo del babaco.

Se analizaron además las referencias bibliográficas de los artículos seleccionados con el fin de rescatar otros estudios potencialmente incluíbles para la revisión. Varios de los artículos fueron localizados a través de la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación, Ecuador (SENESCYT) y del metabuscador Google Académico.

Criterios de inclusión-exclusión

Como criterio de inclusión-exclusión se tuvo en cuenta que los estudios realizados fueran en las especies del género *Vasconcellea*, especialmente la especie *V. heilbornii* var. *pentagona*.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características generales del babaco

El género *Vasconcellea* es el más grande de la familia Caricaceae, el cual consta de 21 especies conocidas procedentes del Centro y Sur de América. El Ecuador posee 15 de las 21 especies de *Vasconcellea* descritas hasta el momento y más de la mitad de estas se encuentran en la provincia de Loja (Badillo, 2001; Japón, 2013). Esta diversidad genética demuestra la importancia de la especie en esta zona.

La reorganización del género *Vasconcellea* como un género aparte dentro de la sección *Carica*, se realizó sobre la base de la evaluación morfológica de marcadores genéticos y estudios sobre la diversidad genética de la familia

Caricaceae, la cual fue dividida en dos géneros: *Vasconcellea* y *Carica* (Van-Droogenbroeck *et al.*, 2006; Bravo *et al.*, 2012). Se han observado distintos niveles de incompatibilidad sexual en *C. papaya* y en la mayoría de las especies de *Vasconcellea*, lo que contribuyó a nueva clasificación (Bravo *et al.*, 2012). En este contexto es preciso indicar que las especies de *Vasconcellea* están más estrechamente relacionadas con la especie *Jacaratia spinosa* ((Aubl.) A.DC) que con las especies de *C. papaya* (L) (Van-Droogenbroeck *et al.*, 2006; Bravo *et al.*, 2012).

Taxonomía y características botánicas y productivas

La clasificación taxonómica del género *Vasconcellea* resulta muy compleja, debido a la gran variabilidad morfológica y genética de las especies que conforman este género (Freire, 2015). Existen muchos estudios sobre la clasificación de *V. heilbornii*, basados en estudios filogenéticos y molecular; donde se destacan dos hipótesis sobre el origen y la ubicación taxonómica del babaco. La primera, se refiere a la hibridación ocasional entre *V. cundimarcensis* (Chamburo) y *V. stipulata* (Toronche), es decir que estas dos especies se hibridaron en una etapa anterior durante su evolución; lo que dio lugar a los primeros individuos de *V. heilbornii*. Asimismo, en ese momento las primeras especies de *V. heilbornii* sufrieron autogamia y se cruzaron con *V. weberbaueri*, lo que dio origen a los primeros individuos partenocarpios de *V. x heilbornii*. Finalmente, los individuos de *V. heilbornii* conservaron en su genoma nuclear parte del citoplasma de su antecesor *V. weberbaueri*, a través de un amplio retrocruzamiento de captura de cloroplastos (Van-Droogenbroeck *et al.*, 2006).

Una segunda hipótesis, es la hibridación directa entre el progenitor *V. weberbaueri* como donante de semillas y *V. stipulata* como donador de polen. Seguido por el retrocruzamiento con los híbridos de *V. stipulata*. Cabe resaltar que la especie *V. cundimarcensis* no está involucrada en esta hipótesis (Van-Droogenbroeck *et al.*, 2006).

Todavía existen grandes controversias sobre el origen y la taxonomía del babaco, las cuales actualmente no han sido dilucidadas. En adición, sus características botánicas han sido muy poco estudiadas; no obstante, se conocen perfectamente sus caracteres morfológicos. Esta planta es un arbusto, que puede alcanzar los 4 m de altura.

Cuando proviene de estacas presenta raíces unitarias de color marrón claro (Freire, 2015). Posee un tallo erecto no leñoso y cilíndrico de color verde cuando es joven y marrón-grisáceo cuando la planta es adulta, además en el tallo presenta cicatrices foliares típicas similares al de otras caricáceas, raramente presenta ramificaciones; pero los brotes a menudo, aparecen alrededor de la base (Jácome, 2011). Las hojas son grandes, en estado adulto pueden llegar a medir de 60 a 80 cm; son de color verde, limbo lobulado con cinco lóbulos (palmo lobular), el haz es verde oscuro mientras que el envés es verde claro. Poseen nervaduras bien marcadas muy sensibles con un largo peciolo que puede medir hasta 30 cm (Jácome, 2011; Freire, 2015).

Las flores se forman sobre el tronco recientemente desarrollado durante la fase de crecimiento de la planta, todas son femeninas y usualmente solitarias sobre el final de un péndulo largo que se desarrolla en cada axila foliar (Freire, 2015). Los pétalos son de color blanco-amarillento-verdoso y sópalos verde-oscuros (Jácome, 2011).

Los frutos son bayas elipsoidales de color amarillo al llegar a la maduración completa. No necesitan polinización para desarrollarse, pues son partenocárpicas y no presentan semillas. Alargados, de sección pentagonal, pueden llegar a pesar entre 0,3 y 2 kg, tener 30 cm de largo y de 6 a 12 cm de diámetro (Freire, 2015). Cada planta puede llegar a producir hasta 50 kg por metro cuadrado. Su pulpa es blanca, muy jugosa, ligeramente ácida cuando madura y baja en azúcar (Jácome, 2011). Son muy palatables, con un sabor y aroma diferente al de la papaya común (Dicano y Naranjo, 2014). Este sabor distintivo ha sido descrito por tener matices de sabor naranja, piña y papaya.

En cuanto a las condiciones edafoclimáticas: la altitud ideal para la producción óptima de frutos es de 1800 a 2400 msnm (Fabara *et al.*, 1985). La temperatura ideal para el desarrollo y fructificación es de 15 – 20 °C, por lo que no tolera temperaturas muy extremas ya sean inferiores a 14 o superiores a 27 °C (Jácome, 2011; Freire, 2015). La precipitación promedio anual ideal para el cultivo oscila en un rango de 600 a 1500 mm/año (Fabara *et al.*, 1985; Jácome, 2011). El porcentaje de humedad relativa esta alrededor del 60 al 80 % y un porcentaje de luminosidad de 4,5 a 5 horas por día (Jácome, 2011; Freire, 2015).

Al carecer el fruto de semillas, su propagación se la hace solamente por vía asexual o vegetativa.

Los métodos de propagación más usados son: por estacas y por injertos. El primero consiste en emplear estacas de plantas maduras de 20 a 25 cm, con diámetro de 4 a 6 cm (Jácome, 2011; Freire, 2015). Deben tener un corte diagonal (bisel) en la parte superior para evitar que el agua de riego o lluvia se acumule y un corte transversal en la parte inferior para tener una mayor superficie de enraizamiento (Freire, 2015). Luego de realizar los cortes, es aconsejable agregar una hormona de crecimiento o agua azucarada (Jácome, 2011; Freire, 2015). Este material debe permanecer durante ocho días bajo sombra, tiempo preciso para que cicatricen las heridas. Seguidamente, las estacas se desinfectan con un fungicida para evitar el ataque de los hongos *Ascomycetes* y *Basidiomycetes* y se procede a la siembra en bolsas con un sustrato que permite la aireación (Freire, 2015).

El otro método para la propagación es el injerto. El tipo de injerto más usual es de púa terminal o asa terminal, técnica que consiste en podar el patrón a una altura de 10 cm, generalmente se usa especies de *V. cundimarcensis* y *V. stipulata*. Seguidamente se realiza una hendidura diametral longitudinal en la que se injerta el babaco, con un brote tierno del mismo diámetro que el patrón. Posteriormente, se cubre con una cinta plástica especial de buena elasticidad, esto se realiza con el objetivo de favorecer la unión con el patrón y evitar la entrada de microorganismos fitopatógenos. Finalmente, se cubre el material injertado con una bolsa plástica para mantener la temperatura y acelerar la brotación (Fabara *et al.*, 1985; Freire, 2015).

Después del trasplante, el sistema radical se demora en desarrollarse y las raíces verticales se vuelven carnosas, de las cuales se desprenden las raíces absorbentes muy superficiales (Freire, 2015). La rapidez de crecimiento del sistema radical está estrechamente ligado al suelo que se utilice para la siembra. El tipo de suelo ideal para el babaco, varía desde franco, franco-arcillo-limoso y franco-arcillo-arenoso. En condiciones de campo lo favorece una capa arable de alrededor de 80 cm, abundante materia orgánica y pH de 7,1 (puede soportar de 5,8 a 8,2 de pH). Es de suma importancia facilitar su aireación y el drenaje para evitar el ataque de enfermedades radicales (Fabara *et al.*, 1985; Freire, 2015).

Como el sistema de propagación es por estacas o por injertos, este cultivo es muy susceptible al ataque de enfermedades que se transmiten por

ambas vías de propagación (Jácome, 2011), las cuales se argumentan a continuación.

Principales enfermedades del babaco

Las enfermedades de las plantas pueden ser ocasionadas por cualquier microorganismo fitopatógeno, ya sean hongos, bacterias, virus, nematodos y actinomicetos (Mendes *et al.*, 2013). Estas son el resultado de la interacción dinámica de tres factores: el microorganismo fitopatógeno presente en el patosistema, al cual le corresponde la dinámica ecológica de los suelos en cuanto a la diversidad y a la regulación poblacional. La condición del hospedante susceptible, teniendo en cuenta sus etapas fenológica y metabólica, y por último el medioambiente especialmente referido a las condiciones edafoclimáticas en las cuales establecemos los cultivos (Maejima *et al.*, 2014).

Enfermedades fúngicas

Los hongos ocasionan severos daños en los agroecosistemas del mundo y son los responsables de una baja producción y calidad de alimentos para el consumo humano (Maejima *et al.*, 2014). Algunas especies y géneros presentan una gran capacidad de adaptación y se encuentran ampliamente distribuidos globalmente (Dean *et al.*, 2012). Es así que las enfermedades de origen fúngico son responsables de las mayores pérdidas reportadas en diferentes cultivos, entre ellos el babaco (Freire, 2015). A continuación, se detallan las principales enfermedades fúngicas en el babaco, las cuales se relacionan con una reducción marcada de las producciones de este cultivo.

Cenicilla (*Oidium* sp.)

Este patógeno penetra la epidermis de las hojas insertando su haustorio, que se especializa en la absorción de nutrientes, dentro del mesófilo esponjoso. La enfermedad se inicia por la presencia de aclareos o manchas irregulares de forma difusa y translúcida, las mismas que provocan clorosis o amarillamiento del tejido. Con el desarrollo de los cleistotecios y condiciones ambientales favorables, la severidad de la enfermedad puede alcanzar hasta el 100 % de infección en la planta (Coyago *et al.*, 2010). Las manchas empiezan a extenderse y se cubren con un polvillo blanco que es el resultado de las fructificaciones del hongo y pueden afectar el haz y en envés (Bravo *et al.*, 2012). Además, de las hojas, este hongo patógeno puede atacar los peciolos y los pedúnculos florales.

Lancha temprana (*Alternaria* sp.)

Presentan síntomas en forma de manchas necróticas redondeadas en el interior del limbo de la hoja y son alargadas si se encuentran en el borde, las manchas afectan el haz y envés de las hojas, las manchas en el haz son de color café claro con abundantes y finos anillos concéntricos, bordes ondulados y sin presencia de halo clorótico. En el envés las manchas son idénticas a las del haz, pero su color es café oscuro; el tamaño de las manchas puede variar de 3 a 5 cm de diámetro. Generalmente, las manchas se unen cuando el ataque es severo y se observa grandes lesiones con tejido necrótico y quebradizo (Coyago *et al.*, 2010).

Antracnosis (*Mycosphaerella* sp.)

Esta enfermedad constituye una limitante de la vida útil de los frutos del babaco, es causada principalmente por *Mycosphaerella* sp., aunque es posible encontrar otros microorganismos causantes de la antracnosis en un mismo cultivo. La especie *Mycosphaerella* sp., es un habitante muy común en los cultivos y con frecuencia presenta síntomas muy variados en forma de manchas necróticas irregulares de apariencia quebradiza, de color blanquecino en la parte central. Cuando los frutos del babaco son infectados, los síntomas aparecen en la maduración, detectándose pequeñas cantidades de látex exudados del fruto (Freire, 2015).

Al inicio se observan lesiones circulares, hundidas, blandas y limitadas con bordes marrones claro y traslucidos que se desarrollan en la superficie del fruto. Conforme avanza la enfermedad, las lesiones aumentan de tamaño, algunas de ellas se unen entre sí destruyendo grandes áreas del fruto y alrededor de la lesión la epidermis se endurece y cambia a una coloración negruzca (Bravo *et al.*, 2012).

Marchitez Vascular del Babaco (MVB) (*Fusarium oxysporum*)

En nuestro manuscrito daremos especial énfasis en las características de esta enfermedad, debido a la importancia que reviste la misma para la implantación y producción de este cultivo en el Ecuador.

La enfermedad de la Marchitez Vascular del Babaco (MVB), se origina en el Ecuador en la década de 1990, con el auge en la producción y exportación del babaco hacia mercados internacionales desde las provincias del sur del país. En el año de 1996 se observó la presencia

de una enfermedad que atacaba al sistema radical del babaco en invernaderos de la sierra centro del país, esta enfermedad produjo la reducción del cultivo en un 100 %. Al cabo de un corto tiempo, se diseminó a lo largo y ancho del territorio nacional, debido principalmente al intercambio del material vegetativo entre las diversas zonas productoras, al desconocimiento total del microorganismo que ocasionaba la marchitez vascular, a la falta de estrategias de control de dicha enfermedad y a los métodos de propagación del cultivo (estacas e injertos) (Ochoa y Fonseca, 2000; Tobar, 2008).

En el año 1999 la MVB pasó de ser una enfermedad en aisladas zonas productoras de babaco a ser una epifitía de grandes dimensiones que ocasionaba la destrucción total de las plantaciones en todo el Ecuador. Es así que investigadores del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) comenzaron a indagar sobre las condiciones en que se desarrollaba la enfermedad de la MVB y a dilucidar el agente causal de la enfermedad (Ochoa y Fonseca, 2000).

En el año 2000, Ochoa y Fonseca lograron aislar y caracterizar morfológicamente el microorganismo causante de la MVB, designándole el nombre de *Fusarium oxysporum* f. sp. *caricae*. Los mismos investigadores en el año 2004 reclasifican el agente causal de la enfermedad, denominándolo *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasconcellae*, debido a que los taxónomos reclasificaron el nombre del babaco, el cual se llamaba *Carica heilbornii* var. *pentagona* en *Vasconcellea heilbornii* var. *pentagona* (Argotti *et al.*, 2011).

Llamada también traqueomicosis, esta enfermedad se define como un complejo de trastornos vasculares que causan un estado general de la planta que casi siempre termina con la muerte de la misma. Además, las enfermedades vasculares se producen por la invasión del fitoparásito en el sistema vascular de las plantas (xilema y floema), los cuales provocan necrosis de las células que conforman los tejidos conductores. La necrosis es originada por la acción directa del agente casual o por las toxinas que libera. Algunas veces la marchitez ocasiona la obstrucción de los vasos cribosos del xilema, lo que impide la circulación normal de agua y nutrientes (Dean *et al.*, 2012).

Los primeros síntomas que aparecen en las plantas, debido a los marchitamientos vasculares, son las afectaciones en el sistema vascular de la planta, en la cual se puede observar la pérdida

de turgencia en la célula, seguido de clorosis, marchitamiento general de la planta y finalmente la muerte. Según la naturaleza del fitoparásito se consideran dos tipos de marchitez vascular en plantas: la traqueobacteriosis, causadas por bacterias y la traqueomicosis, por hongos (Dean *et al.*, 2012).

El agente causal de la MVB, es un hongo perteneciente al género *Fusarium*. Este es un grupo de hongos filamentosos cosmopolitas ampliamente distribuidos, el que naturalmente se encuentra en el suelo y en ocasiones puede estar asociado a las pudriciones de raíces y tallos en muchas plantas cultivadas (Leslie y Summerell, 2006). Muchas especies del género *Fusarium* son saprofitas en algunas fases de su crecimiento y patógenas de cultivos en otras (Alexopoulos *et al.*, 1996). Un gran número de especies han sido descritas dentro del género *Fusarium* por diversos autores, sin embargo 70 especies son consideradas por Leslie y Summerell (2006).

Los mecanismos de infección de *Fusarium* empiezan cuando los tubos germinales de las esporas, la germinación de las clamidosporas presentes en restos de cosechas anteriores o el micelio existente en el suelo, penetran por la raíz o por daños mecánicos al nivel de las raíces de las plantas. Las estructuras del hongo se extienden dentro de la corteza de la raíz, a la endodermis y llegan a los vasos xilemicos, a través de que asciende y se disemina por toda la planta. El micelio se multiplica y produce sus primeras estructuras reproductivas (microconidios), los que causan la obstrucción de los vasos, dando como resultado una alteración en el volumen del agua disponible para las hojas y el funcionamiento de toda la planta. Esto trae consigo el cierre de los estomas, las hojas se marchitan y finalmente la muerte de la planta (Dean *et al.*, 2012).

Diversos estudios se han realizado con el objetivo que poder mitigar los impactos negativos que ha ocasionado la MVB, dentro de los cuales podemos citar a García (2011), quien realizó un estudio sobre la evaluación de la tolerancia de cinco accesiones de *Vasconcellea* (*V. monoica*, *V. goudotiana*, *V. candicans*, *V. cundimarcensis* y *V. x heilbornii* i“024”) a *Fusarium* spp., como posible porta injertos para babaco (*V. x heilbornii*) bajo cubierta plástica en la estación Experimental del Austro del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Obteniendo los siguientes resultados: Las *Vasconcellea* que mejor toleran a *F. oxysporum* fueron el híbrido *V. x heilbornii* “024” (chamburo) y la especie *V.*

candicans (toronche) por no presentar síntoma alguno del patógeno.

Enfermedades bacterianas

Las enfermedades de las plantas asociadas a las bacterias pueden causar una reducción significativa en la producción del cultivo, problemas reproductivos y hasta la muerte de la planta. La infección suele desarrollarse en las hojas, ya que sus paredes celulares son delgadas y permiten que la infección bacteriana comience y avance hasta el resto de la planta. Así tenemos que hay cinco géneros principales de bacterias que atacan al babaco: *Agrobacterium*, *Corynebacterium*, *Erwinia*, *Pseudomonas* y *Xanthomonas* (Mansfield *et al.*, 2012).

Tumor del cuello (*Agrobacterium* sp.)

Es una bacteria Gram negativa, comúnmente encontrada en el suelo. No forman esporas, poseen forma de bacilo y se mueven por medio de uno a seis flagelos. Esa bacteria es el principal agente etiológico de la “agalla de la corona”. La infección en el babaco comienza con la penetración de *Agrobacterium* en el tejido vegetal, a través de lesiones producidas por insectos, labores culturales y por heladas (cambios bruscos de temperatura). Las bacterias son atraídas por los compuestos liberados (aminoácidos, azúcares y fenoles). Una vez en contacto con las células vegetales de la planta hospedante, la bacteria sintetiza las microfibrillas de la celulosa, propiciando una mejor fijación y la enfermedad avanza al resto de la planta (Mansfield *et al.*, 2012).

Los primeros síntomas se localizan en las raíces donde se forman agallas. Estos tumores son de consistencia dura e impiden a las raíces su normal desenvolvimiento en la absorción de agua y nutrientes necesarios para completar su ciclo vital. Cuando el ataque es severo estos abultamientos pueden comprometer al resto de las raíces próximas al cuello de la planta, está se vuelve débil y finalmente muere (Mansfield *et al.*, 2012).

Pudrición radical (*Erwinia* sp.)

Todas las especies del género *Erwinia* son patógenas de plantas. Es una bacteria Gram negativa, flagelada y móvil (Agrios, 2005). Esta enfermedad es considerada como la segunda de mayor importancia que ataca al cultivo de babaco después de *Fusarium* sp. Su incidencia puede ser leve, moderada y severa según las condiciones

ambientales le sean favorables (Agrios, 2005; Freire, 2015).

El ataque de *Erwinia* sp. empieza con la infección que se inicia con clorosis de las hojas bajas, seguidamente la infección asciende por la planta mientras el resto de las hojas se marchitan y necrosan. En el tallo se presenta inicialmente un ablandamiento con leve decoloración, conforme avanza la enfermedad los tejidos se ablandan (licuados) hasta su completa descomposición o pudrición (Agrios, 2005; Freire, 2015). En los frutos se presenta una necrosis húmeda del tejido que primero se ablanda y después se licua la pulpa. Cuando se abre el fruto no se evidencian los halos de la infección, pero si la lisis del tejido (Agrios, 2005). En algunos casos los frutos infectados con esta bacteria pueden almacenar amoníaco dentro de la pulpa y es expulsado al exterior en forma de burbujas. Cuando no es severa la afectación, los frutos maduran prematuramente y posteriormente se desprenden (Agrios, 2005; Freire, 2015).

Enfermedades causadas por virus

Los virus son partículas compuestas por ácidos nucleicos (ADN o ARN) y por capas de proteínas, son de tamaño submicroscópico. Ellos no tienen órganos reproductivos y son parásitos obligados, es decir, que utilizan las células que infectan para poder replicarse, utilizando su propia energía y maquinaria biosintética. Por esta razón el metabolismo de las plantas hospedantes de virus altera diversas funciones vitales que inducen al desarrollo de síntomas, los que pueden variar desde cambios de coloración hasta necrosis severa o muerte súbita de la planta. En otros casos el efecto de los virus en las plantas pasa casi de forma imperceptible como en el caso de los hospedantes asintomáticos (Roossinck, 2013). Se ha descrito y caracterizado molecularmente a más de 10 000 tipos de virus, pero solo 500 atacan a las plantas (Agrios, 2005). A continuación, se detalla la principal enfermedad causada por virus en el babaco.

Virus del mosaico de la papaya en Babaco (Papayo Mosaic Virus)

Es un virus largo y flexuoso de aproximadamente 533 X 1113 nm con un ARN genómico de 6656 nucleótidos que pertenece al género *Potexvirus*. Tiene un amplio rango de hospedantes (Roossinck, 2013).

El síntoma principal de este virus es la presencia de un moteado verde claro que se observa en las hojas jóvenes. Las plantas

infectadas poseen generalmente menor tamaño y sus hojas son ligeramente más pequeñas que las normales. Cuando la infección es más severa este moteado se torna en un aclaramiento evidente de las venas y las hojas adquieren un aspecto rugoso. Este virus se trasmite por forma mecánica y por medio de estacas provenientes de plantas infectadas (Roossinck, 2013).

Enfermedades causadas por nematodos

Los nematodos fitoparásitos son animales filiformes multicelulares, generalmente microscópicos (0,5 mm de largo), su cuerpo es delgado cilíndrico y alargado, con el diámetro reducido en los extremos, las hembras son más grandes que los machos y en algunas especies toman diferentes formas. Los nematodos no son segmentados; están protegidos por una cutícula hialina acelular, transparente y semipermeable de proteínas, lípidos y carbohidratos. Estos microorganismos requieren de un medioambiente húmedo; pero pueden encontrarse en casi todo tipo de ambiente ecológico. Invaden tallos, hojas y semillas (Jones *et al.*, 2013). Las principales especies de nematodos que atacan al babaco son *Meloidogyne* sp., *M. incognita* y *M. javanica*.

Los nematodos del género *Meloidogyne* cuando infectan al cultivo causan agallas en las raíces, interrumpiendo el paso del agua y los minerales necesarios para el metabolismo de la planta. Además, causan un crecimiento retardado, flacidez en los tallos, amarillamiento y marchitez causándole la muerte a la planta infectada y por ende disminuye drásticamente la producción. Es necesario indicar que el ataque de este nematodo puede ser mediante infecciones posteriores de hongos, bacterias y virus (Coyago *et al.*, 2010).

Estrategias para el manejo de las enfermedades

En general, para el control de enfermedades en babaco, como para cualquier otra especie, se debe tener en cuenta el control del patógeno y el manejo del hospedante (Chávez y Aquino, 2012). La importancia económica de las enfermedades de las plantas, debe medirse no sólo por el verdadero daño que ocasionan, sino también por los costos en las medidas de prevención y control (Hossain *et al.*, 2013). Cuando se intenta planear y aplicar nuevos métodos de control de las enfermedades, el objetivo debe ser un control racional, eficaz y seguro a un costo mínimo (Hossain *et al.*, 2013). Casi la totalidad de las estrategias de control se utilizan antes de que las plantas enfermen, es decir, los métodos son

preventivos y no curativos (Robles-Carrión *et al.*, 2014).

Actualmente, las alternativas para el manejo integrado de la MVB son muy pocas, debido a que el control químico (uso de fungicidas) ha causado la resistencia del agente causal de la enfermedad. Esto, unido al concurso de varios microorganismos que intervienen en el patosistema, ha originado que no se cuenten con estrategias adecuadas para el manejo integrado de la MVB. Entre las principales alternativas del manejo integral se encuentran: la rotación de cultivos y el uso de microorganismos como controladores biológicos. (Chávez y Aquino, 2012), Sin embargo, no son ampliamente aplicadas en el cultivo del Babaco.

El manejo integrado de la MVB, implica una cuidadosa consideración de todas las técnicas disponibles para el control del patógeno, mediante una serie de principios, procedimientos o acciones, con el fin de eliminar, reducir o atenuar los daños o pérdidas causados por el microorganismo patogénico (Chávez y Aquino, 2012).

El Manejo Integrado de Enfermedades pone acento en el desarrollo de un cultivo sano, con la menor alteración posible del agro ecosistema, y apoya los mecanismos naturales de control de patógenos (Chávez y Aquino, 2012; Hossain *et al.*, 2013). El manejo efectivo de la MVB, se basa en evasión, exclusión y erradicación de los agentes causales (patógeno), así como la protección o el desarrollo de la resistencia de las plantas hospedante y el tratamiento de las plantas afectadas (Chávez y Aquino, 2012). Sin embargo, existen muy pocas prácticas culturales que han evitado el ingreso del patógeno a los cultivos de babaco, como la implementación del uso de las plantas certificadas. El inconveniente que se presenta al momento de producir plántulas de buena calidad, radica en el hecho de que este cultivo no presenta semillas y su propagación se la hace de forma asexual, lo que acarrea la degeneración de la especie y el aumento de enfermedades, sobretodo de origen fúngico, bacteriano y vírico (Freire, 2015). A pesar de las características para su propagación, en el Ecuador se han realizado algunos estudios sobre la regeneración *in vitro* del Babaco (Vega de Rojas y Kitto, 1991) pero sus resultados han sido pocos satisfactorios.

Aunque no se cuenta con suficiente información sobre prácticas de manejo integrado de la MVB en el Ecuador, en la última década se han realizado diversos estudios de las mismas. Según

Cueva (2007), la utilización de microorganismos antagonistas del género *Trichoderma* spp. (*T. koningii* y *T. album*), en Sangolquí, Ecuador, demostró satisfactorios resultados en la reducción de la MVB en condiciones de laboratorio y de campo. Además, de utilizar microorganismos antagonistas de la MVB, en esta investigación se utilizaron patrones de papaya hawaiana, como porta injertos del babaco, para lograr resistencia al ataque de *Fusarium* spp. Sus conclusiones sobre este estudio fueron que los patrones de papaya hawaiana son muy susceptibles al ataque de *Phytophthora palmivora* (Butl), por lo cual este tipo de patrón no es aceptable para propagar el babaco.

CONCLUSIONES

1. De las 21 especies de *Vasconcellea* descritas hasta el momento, el Ecuador posee 15, de las cuales más de la mitad se encuentran en la provincia de Loja.
2. Hasta el momento existen grandes controversias sobre la clasificación taxonómica de *V. heilbornii*.
3. La enfermedad de la Marchitez Vascular del Babaco (MVB), es ocasionada por un complejo de hongos del género *Fusarium* que interactúan con la planta.
4. No existen estrategias de manejo integrado para la Marchitez Vascular del Babaco probadas científicamente.

BIBLIOGRAFÍA

1. Agrios, G.N.: Plant Pathology. 5ta Edición. Editorial Elsevier, Estados Unidos de América. 2005. 948 p. ISBN 0-12-044565-4.
2. Alexopoulos, C.; C. Mims y M. Blackwell: Introductory Micology. 4ta. Edición. Editorial John Wiley & Sons. Estados Unidos de America. 1996. 868 p. ISBN: 9780471522294.
3. Argotti, E.E.; M.P. Cazar; E. Motte; V. Cedeño: Análisis molecular de la región ITS de *Fusarium* spp., agente causal de la marchitez vascular de *Vasconcellea heilbornii* y *Solanum quiotense* en Ecuador. *ESPE Ciencia y Tecnología*, 3 (1): 25-36, 2011.
4. Badillo, V.: Nota correctiva *Vasconcellea* St. Hill. y no *Vasconcella* (Caricaceae). *Ernstia*, 11 (1): 75-76, 2001.

5. Bravo, C.; W. Larriva; L. Minchala: Manejo Integrado de la Marchitez Vascular o Fusariosis (*Fusarium oxysporum*) en el cultivo de Babaco. Editorial Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Cuenca, Ecuador. 2012, 17 p.
6. Chávez, A.R. y A. Aquino: Control de los hongos del suelo *Rhizoctonia* sp., *Fusarium* sp. y *Sclerotium* sp. con extractos vegetales. *Investigación Agraria*, 14 (1): 17-23, 2012.
7. Chen, Y.; Q. Zhou; S.E. Strelkov; S.F. Hwang: Genetic Diversity and Aggressiveness of *Fusarium* spp. Isolated from Canola in Alberta, Canada. *Plant Disease*, 98 (6): 727-738, 2014.
8. Coyago, R.L.; F.X. León; V.E. Patiño: Evaluación del comportamiento del Babaco (*Vasconcellea x heilbornii* nm. pentagona) en tres tipos de alturas de podas en plantas de seis años de producción en la Parroquia Bulán, cantón Paute, Provincia del Azuay. Títulos para optar los grados de Ingenieros Agropecuarios Industriales. Universidad Politécnica Salesiana Sede-Matriz Cuenca, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Cuenca, Ecuador. 2010, 128 p.
9. Cueva, D.C.: Producción de inoculantes a base de *Trichoderma* spp. para el control de *Fusarium oxysporum* f. sp. caricae en injertos de Babaco (*Vasconcellea heilbornii* cv. Babaco). Tesis para optar el título de Ingeniera Agropecuaria. Escuela Politécnica del Ejército-ESPE, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Sangolquí, Ecuador. 2007, 114 p.
10. Dafermos, G. y J. Vivero-Pol: Agroalimentación: Sistema agroalimentario abierto y sustentable en Ecuador. Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación y el Instituto de Altos Estudios Nacionales del Ecuador, 2 (1): 293 – 344, 2015.
11. Dean, R., Van-Kan, J., Pretorius, Z., Hammond-Kosack, K., Di-Pietro, A., Spanu, P., Rudd, J., Dickman, M. Kahmann, R., Ellis, J., Foster, G. The Top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*, 13 (4): 414-430, 2012.
12. Dicano, L. y G. Naranjo: Creación de producto, jugo de fruto exótico (Babaco) al mercado de Rusia. Tesis para optar el título de Ingenieras en Comercio y Finanzas Internacionales. Universidad Católica Santiago de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador. 2014. 154 p.
13. Fabara J., Bermeo N., Barberán C. Manual del cultivo del Babaco. Editorial Impreseñal, Quito, Ecuador. 2005. 105 p.
14. Freire, D.: Reproducción asexual del Babaco (*Vasconcellea x heilbornii* Cv.) sobre portainjertos de chamburo (*Vasconcellea cundinamaricensis*) y toronche (*Vasconcellea stipulata*). Tesis para optar el título de Ingeniero Agropecuario. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador. 2015, 85 p.
15. García, P.: Evaluación de la tolerancia de cinco accesiones de *Vasconcellea* a *Fusarium* sp. como posible portainjertos para Babaco (*Vasconcellea x heilbornii*) bajo cubierta plástica en la estación experimental del Austro de INIAP. Tesis para optar el título de Magíster en Gestión de la Producción de Flores y Frutas Andinas para Exportación. Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador. 2011, 74 p.
16. Jácome, J.F.: Evaluación de tres mezclas de sustratos y tres fitohormonas en enraizamiento de brotes laterales de Babaco (*Carica pentagona*), barrio Pinlocruz, cantón Mejía, provincia de Pichincha. Tesis para optar el título Ingeniero Agrónomo. Universidad Técnica de Cotopaxi, Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Latacunga, Ecuador. 2011, 96 p.
17. Japón, R.: Análisis de la producción, comercialización y rentabilidad del Babaco en la comunidad Cochapamba, parroquia Tenta cantón Saraguro y provincia de Loja. Tesis para optar el título de Ingeniera en Administración y Producción Agropecuaria. Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador. 2013, 110 p.
18. Jones, J.; A. Haegeman; E. Danchin; J. Helder; M. Jones; T. Kikuchi; H. Gaur; R. Manzanilla-López; J. Palomares-Rius; W. Wesemael; R. Perry: Top 10 plant-parasitic nematodes in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*, 14 (9): 946–961, 2013.
19. Leslie, J.F. y B.A. Summerell: The *Fusarium* Laboratory Manual. Editorial Blackwell, Sydney, Australia. 2006. 387 p. ISBN: 978-0-8138-1919-8.
20. Maejima, K.; K. Namba; K. Oshima: Exploring the phytoplasmas, plant pathogenic bacteria. *J Gen Plant Pathol*, 80: 210 – 221, 2014.
21. Mansfield, J.; S. Genin; S. Magori; V. Citovsky; M. Sriariyanum; P. Ronald; M. Do; V.

- Verdier; M. Machado; I. Toth; G. Salmond; V. Steven; G. Foster: Top 10 plant pathogenic bacteria in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*, 13 (6): 614 – 629, 2012.
22. Mendes, R.; P. Garbeva; J. Raaijmakers: The rhizosphere microbiome: significance of plant beneficial, plant pathogenic, and human pathogenic microorganisms. *Federation of European Microbiological Societies (FEMS)*, 37: 634–663, 2013.
23. Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE): Quinto informe nacional para el convenio sobre la biodiversidad biológica. 2014. 293 p. ISBN:978-9942-07-871-1.
24. Ochoa, J.; G. Fonseca; M. Ellis: First report of *Fusarium* wilts of Babaco (*Carica x heilbornii* var. *pentagona*) in Ecuador. *Plant Disease*, 84: 199, 2000.
25. Robles-Carrión, A.; D. Salinas-Serrano; W. Armijos-Armijos; A. Sánchez-Rodríguez; R. Torres-Gutiérrez: Estudio de la variabilidad morfológica de aislados fúngicos asociados con la enfermedad de la Marchitez Vascular del Babaco (*Vasconcellea heilbornii* var. *pentagona*) en Loja, Ecuador. *Centro de Biotecnología*, 2 (2): 33-44, 2014.
26. Robles-Carrión, A. y A. Sánchez-Rodríguez: Establecimiento de interacciones intra-especies durante el desarrollo de la enfermedad de la Marchitez Vascular en el Babaco (*Vasconcellea heilbornii* var. *Pentagona*). Libro Resúmenes del Segundo Congreso de la Asociación de Universidad del Sur del Ecuador y Norte del Perú (AUSENP), Loja, Ecuador, 15 y 16 de octubre de 2013, p. 914.
27. Roossinck, M.: Plant Virus Ecology. *Plos Pathogens*, 9 (5): 1-3, 2013.
28. Tobar, M.: Análisis de competitividad de los productores de Babaco de San Pablo de Tenta (Saraguro, Loja) con enfoque de agrocadena. Tesis para optar el título de Especialista en Estudios Latinoamericanos Mención en Estudios Agrarios. Quito (Ecuador): Universidad Andina Simón Bolívar sede Ecuador. 2008, 109 p.
29. Van-Droogenbroeck, B.; T. Kyndt; E. Romeijn-Peters; W. Van-Thuyne; P. Goetghebeur; J. Romero-Motochi; G. Gheysen: Evidence of natural hybridization and introgression between *Vasconcellea species* (Caricaceae) from southern Ecuador revealed by chloroplast, mitochondrial and nuclear DNA markers. *Annals of Botany*, 97: 793-805, 2006.

Recibido el 8 de noviembre de 2015 y aceptado el 2 de febrero de 2016