

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA

AGRONÓMICA Y DEL MEDIO NATURAL



Evaluación del potencial antifúngico de *Aloe vera* frente a hongos fitopatógenos y de postcosecha.

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL

ALUMNA: BELÉN ORTIZ CUBELLS

TUTORA: Dña. M. Pilar Santamarina Siurana

DIRECTORA EXPERIMENTAL: Dña. Josefa Roselló Caselles

Curso académico 2019/2020

VALENCIA, NOVIEMBRE DE 2020

Título: Evaluación del potencial antifúngico de *Aloe vera* frente a hongos fitopatógenos y de postcosecha.

Resumen:

La vida postcosecha de la mayoría de frutas y hortalizas se ve limitada debido a la proliferación de hongos que se produce al almacenar dichos alimentos. La aparición de hongos provoca grandes pérdidas tanto en la calidad como en la cantidad de las cosechas. En el presente trabajo se analiza la composición química bibliográficamente y se evalúa el potencial antifúngico del extracto de las hojas de *Aloe vera*, a una concentración de 200 mL/L, en la inhibición del crecimiento fúngico de cinco hongos, que causan importantes pérdidas económicas en los productos agrícolas, que son, *Rhizoctonia solani*, *Curvularia hawaiiensis*, *Botryotinia fuckeliana*, *Penicillium italicum* y *Verticillium dahliae*. En aquellos hongos cuya inhibición del crecimiento micelial (MGI) superó el 50% se ensayó también a la concentración de 100 mL/L.

El extracto de *Aloe vera* ha mostrado resultados diferentes en los cinco hongos ensayados, observándose el mejor resultado en el hongo *Verticillium dahliae*, en cuyo caso se consiguió inhibir totalmente el crecimiento micelial (MGI) hasta el 100%. También se han conseguido resultados muy satisfactorios en los hongos, *R. solani* y *B. fuckeliana* en los que se ha conseguido una inhibición del crecimiento micelial (MGI) mayor del 50% en los dos casos.

En vista de los resultados obtenidos, el extracto de *Aloe vera* podría ser empleado como alternativa a los productos químicos de síntesis que se utilizan contra los hongos *Verticillium dahliae*, *Rhizoctonia solani* y *Botryotinia fuckeliana*, consiguiendo así alargar la vida postcosecha de distintos alimentos. Este biofungicida se podría desarrollar como un producto natural, respetuoso con el medio ambiente y con la salud del consumidor.

Palabras clave: Actividad antifúngica, *Aloe vera*, *Verticillium dahliae*, *Rhizoctonia solani* y *Botryotinia fuckeliana*.

Title: Evaluation of the antifungal potential of *Aloe vera* against phytopathogenic and post-harvest fungi.

Abstract:

The postharvest life of most fruit and vegetables is limited by fungus proliferation occurring when storing these products, and fungal appearance implies massive losses in harvest quality and yield. In this study, the chemical composition and antifungal potential of an *Aloe vera* leaf extract (200 mL/L) for the fungal inhibition growth of five fungi is analysed, which causes significant losses in agricultural products. The seven fungi are: *Rhizoctonia solani*, *Curvularia hawaiiensis*, *Botryotinia fuckeliana*, *Penicillium italicum* and *Verticillium dahliae*. In those fungi whose mycelial growth inhibition (MGI) exceeded 50%, the concentration of 100 mL/L was also tested.

The *Aloe vera* extract had different results with the seven tested fungus. The best results were for the fungus *Verticillium dahlie*, in which mycelial growth inhibition (MGI) was 100%. Satisfying results were obtained in fungi *R. solani* and *B. fuckeliana*, where MGI exceeded 50% in them all.

Based on the obtained results, the *Aloe vera* leaf extract could be used as an alternative to the chemical products employed against fungi *Verticillium dahlie*, *Rhizoctonia solani* and *Botrytis fuckeliana* to extend the postharvest life of different foods. This biofungicide could be developed as a natural environmentally friendly product that respects consumer health.

Key words: Antifungal activity, *Aloe vera*, *Verticillium dahlie*, *Rhizoctonia solani* and *Botryotinia fuckeliana*.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero dar las gracias a Pilar Santamarina y a Pepa Roselló, por su ayuda, su paciencia y su comprensión. Gracias por enseñarme y dejarme realizar este trabajo en su departamento y por todo el tiempo invertido.

También quiero agradecerle a mi familia, especialmente a mis padres, todo su apoyo durante estos años. Y a mis amigos, por sus consejos, su ayuda y por haber estado a mi lado todo este tiempo.

ÍNDICES

ÍNDICE GENERAL

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.	CONTAMINACIÓN EN ALIMENTOS POR HONGOS.....	1
1.2.	<i>Aloe vera</i>	2
1.3.	DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE <i>Aloe vera</i>	2
1.4.	COMPOSICIÓN QUÍMICA Y PROPIEDADES.....	4
1.5.	EMPLEO DE <i>Aloe vera</i> COMO CONSERVANTE EN LOS ALIMENTOS. PROPIEDADES ANTIFÚNGICAS.....	6
1.6.	DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA Y CULTIVO DE <i>Aloe vera</i>	7
1.7.	HONGOS.....	8
1.7.1.	Descripción general.....	8
1.7.2.	Género <i>Rhizoctonia</i> . <i>Rhizoctonia solani</i> J.G. Kühn.....	8
1.7.3.	Género <i>Curvularia</i> . <i>Curvularia hawaiiensis</i> (Bugnic. Ex MB Ellis) Manamgoda, L. Cai y KD Hyde.....	10
1.7.4.	Género <i>Botryotinia</i> . <i>Botryotinia fuckeliana</i> (de Bary) Whetzel.....	11
1.7.5.	Género <i>Penicillium</i> . <i>Penicillium italicum</i> Wehmer.....	14
1.7.6.	Género <i>Verticillium</i> . <i>Verticillium dahliae</i> Kleb.....	15
2.	OBJETIVOS.....	17
3.	MATERIAL Y MÉTODOS.....	18
3.1.	EXTRACTO DE <i>Aloe vera</i>	18
3.2.	LOS HONGOS.....	18
3.3.	ACTIVIDAD ANTIFÚNGICA DE LOS HONGOS.....	18
3.3.1.	Ensayos “ <i>in vitro</i> ” de la actividad antifúngica del extracto de <i>Aloe vera</i>	18
3.3.2.	Cálculo de la velocidad de crecimiento.....	19
3.3.3.	Cálculo de la inhibición del crecimiento micelial (MGI).....	19
3.4.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	19
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	20
4.1.	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS “ <i>in vitro</i> ” DE LA ACTIVIDAD ANTIFÚNGICA DEL EXTRACTO DE <i>Aloe vera</i>	20
4.1.1.	Estudio sobre la actividad antifúngica del extracto de <i>Aloe vera</i> sobre el crecimiento micelial a las diferentes dosis ensayadas. Velocidad de crecimiento.....	23
4.2.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	26
4.3.	INHIBICIÓN DEL CRECIMIENTO MICELIAR (MGI).....	29
4.4.	DISCUSIÓN.....	30
5.	CONCLUSIONES.....	32
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ejemplares de <i>Aloe vera</i> . Autora: Ortiz Cubells, B.	3
Figura 2. Detalle dientes retrorsos <i>Aloe vera</i> . Autora: Ortiz Cubells, B.	3
Figura 3. Inflorescencia de <i>Aloe vera</i> . Autora: Ortiz Cubells, B.	3
Figura 4. Imagen microscópica del micelio de <i>Rhizoctonia solani</i> . Autora: Ortiz Cubells, B.	9
Figura 5. Ejemplar de patata atacado por <i>Rhizoctonia solani</i> . Fuente: Bayer Crop Science UK, 2020.	9
Figura 6. Conidios de <i>Curvularia hawaiiensis</i> a microscopía óptica. Autora: Ortiz Cubells, B.	10
Figura 7. A, B y C: imágenes al microscopio de <i>Botrytis cinerea</i> . Autora: Ortiz Cubells, B.	12
Figura 8. A y B: Ataque de <i>Botrytis cinerea</i> en uva roja, a la derecha se muestra con mayor detalle. Fuente: R. Koenig(2020).	13
Figura 9. Imágenes A y B: Moho azul (<i>Penicillium italicum</i>) sobre mandarina. Autora: Ortiz Cubells, B.	14
Figura 10. A, B y C: imágenes al microscopio de conidios y conidióforos de <i>Penicillium Italicum</i> . Autora: Ortiz Cubells, B.	15
Figura 11. Imagen detallada de <i>Verticillium dahliae</i> . Autora: Ortiz Cubells, B.	16
Figura 12. Detalle de los explantes realizados en <i>Botryotinia fuckeliana</i> . Autora: Ortiz Cubells, B.	19
Figura 13. Velocidad de crecimiento (mm/día) de los hongos ensayados a la dosis de 200 ml/L del extracto de <i>Aloe vera</i> (ALOE 200) frente al control. RS (<i>Rhizoctonia solani</i>), CH (<i>Curvularia hawaiiensis</i>), BF (<i>Botryotinia fuckeliana</i>), PI (<i>Penicillium italicum</i>) y VD (<i>Verticillium dahliae</i>). ..	21
Figura 14. Porcentaje de inhibición del crecimiento miceliar (MGI) de los hongos ensayados a la dosis de 200 mL/L con el extracto de <i>Aloe vera</i> (ALOE 200). RS (<i>Rhizoctonia solani</i>), CH (<i>Curvularia hawaiiensis</i>), BF (<i>Botryotinia fuckeliana</i>), PI (<i>Penicillium italicum</i>) y VD (<i>Verticillium dahliae</i>).	21
Figura 15. Representación gráfica del crecimiento radial expresado en mm de <i>Rhizoctonia solani</i> en los distintos medios ensayados: PDA-RS: control, ALOE 200-RS: 200 mL/L y ALOE 100-RS: 100 mL/L.	23
Figura 16. Representación gráfica del crecimiento radial expresado en mm de <i>Botryotinia fuckeliana</i> en los distintos medios ensayados: PDA-BF: control, ALOE 200-BF: 200 ml/L y ALOE 100-BF: 100 mL/L.	24
Figura 17. Representación gráfica del crecimiento radial expresado en mm de <i>Verticillium dahliae</i> en los distintos medios ensayados: PDA-VD: control, ALOE 200-VD: 200 mL/L y ALOE 100-VD: 100 mL/L.	25
Figura 18. Representación gráfica de los valores medios e intervalos HSD para las dosis ensayadas en <i>Rizhoctonia solani</i>	26
Figura 19. Representación gráfica de los valores medios e intervalos HSD para las dosis ensayadas en <i>Botryotinia fuckeliana</i>	27
Figura 20. Representación gráfica de los valores medios e intervalos HSD para las dosis ensayadas en <i>Verticillium dahliae</i>	28
Figura 21. Porcentaje de inhibición del crecimiento miceliar (MGI) de los hongos ensayados, <i>Rhizoctonia solani</i> (RS), <i>Botryotinia fuckeliana</i> (BF) y <i>Verticillium dahliae</i> (VD) a las dosis de 100 mL/L y 200 mL/L.	30

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica del <i>Aloe vera</i> . Fuente: APGV IV.....	2
Tabla 2. Composición química del <i>Aloe vera</i> . Fuente: Sonawane, SK, Gokhale, JS, Mulla, MZ et al., 2020.....	4
Tabla 3. Taxonomía de <i>Rhizoctonia solani</i> . Fuente: Index Fungorum, 2020.....	8
Tabla 4. Taxonomía de <i>Curvularia hawaiiensis</i> . Fuente: Index Fungorum, 2020.....	10
Tabla 5. Taxonomía de <i>Botryotinia fuckeliana</i> . Fuente: Index Fungorum, 2020.....	11
Tabla 6. Taxonomía de <i>Penicillium italicum</i> . Fuente: Index fungorum, 2020.....	14
Tabla 7. Taxonomía de <i>Verticillium dahliae</i> . Fuente: Index fungorum, 2020.....	15
Tabla 8. Velocidad de crecimiento (mm/día) y porcentaje de inhibición del crecimiento micelial (MGI) para cada especie en el medio de cultivo PDA con extracto de <i>Aloe vera</i> a la dosis de 200 mL/L.....	20
Tabla 9. Velocidad de crecimiento (mm/día) y porcentaje de inhibición del crecimiento micelial (MGI) para cada especie en el medio de cultivo PDA con el extracto de <i>Aloe vera</i> a la concentración de 100 mL/L a los 7 días de crecimiento.....	22
Tabla 10. Crecimiento micelial de <i>Rhizoctonia solani</i> en los distintos medios ensayados a día 7.....	23
Tabla 11. Crecimiento micelial de <i>Botryotinia fuckeliana</i> en los distintos medios ensayados a día 7.....	24
Tabla 12. Crecimiento micelial de <i>Verticillium dahliae</i> en los distintos medios ensayados a día 7.....	25
Tabla 13. Resultados de la prueba de múltiples rangos de <i>Rhizoctonia solani</i> a las dosis ensayadas del extracto de <i>Aloe vera</i>	26
Tabla 14. Resultados de la prueba de múltiples rangos de <i>Botryotinia fuckeliana</i> a las dosis ensayadas del extracto de <i>Aloe vera</i>	27
Tabla 15. Resultados de la prueba de múltiples rangos de <i>Verticillium dahliae</i> a las dosis ensayadas del extracto de <i>Aloe vera</i>	28
Tabla 16. Diámetro medio de los hongos <i>Rhizoctonia solani</i> (RS), <i>Botryotinia fuckeliana</i> (BF) y <i>Verticillium dahliae</i> (VD) en los distintos medios ensayados: PDA, ALOE-100 y ALOE-200.....	29
Tabla 17. Porcentaje de inhibición del crecimiento micelial (MGI) para cada especie <i>Rhizoctonia solani</i> (RS), <i>Botryotinia fuckeliana</i> (BF) y <i>Verticillium dahliae</i> (VD) a las dosis de 100 mL/L y 200 mL/L a los 7 días de crecimiento.....	30

1. INTRODUCCIÓN.

1.1. CONTAMINACIÓN EN ALIMENTOS POR HONGOS

En sentido amplio se puede decir que los hongos son aquellos organismos que carecen de pigmentos fotosintéticos y que se han adaptado al saprofitismo, parasitismo y la simbiosis.

Los hongos son los principales contaminantes de los alimentos a nivel mundial. Los hongos fitopatógenos son los causantes de enfermedades en las plantas y aunque son un número relativamente pequeño, causan grandes pérdidas económicas en la agricultura. Además, también producen pérdidas en los alimentos por deterioro e incluso son capaces de causar enfermedades en humanos y animales que, en ocasiones, pueden llegar a ser fatales.

Algunos hongos son las principales fuentes productoras de una clase de metabolitos secundarios generalmente denominados micotoxinas (sustancias tóxicas). La FAO (Food and Agriculture Organization) estima que más de un 25% de la producción de alimentos en el mundo está contaminada por micotoxinas (Lawlor y Lynch, 2005).

Por tanto, la gran mayoría de alimentos han de ser tratados con productos antifúngicos para su correcta conservación. Se trata, generalmente, de productos químicos de síntesis. Se está restringiendo los tratamientos con fungicidas sintéticos, debido a sus potenciales efectos tóxicos sobre los consumidores, es por ello que se está intentando promover el uso de productos de origen natural o de tipo ecológico. Al mismo tiempo, reduciendo dichos productos químicos, se pretende disminuir la contaminación que provocan y reducir el impacto ambiental de los mismos.

Algunas plantas pueden ser origen de sustancias antifúngicas, como es el caso de *Aloe vera*. Esta planta es conocida por sus propiedades curativas y terapéuticas desde la antigüedad. En diversos estudios y ensayos realizados se ha comprobado que el *Aloe vera* posee propiedades antifúngicas, antiinflamatorias, antimicrobianas y nutricionales. En relación con esta última propiedad, se ha estudiado que el gel de *Aloe vera* tiene excelentes propiedades funcionales y nutricionales y su incorporación a los alimentos puede incrementar el valor funcional y nutricional del producto. Además, hoy en día, los consumidores buscan una nutrición sana donde no solo se satisfaga la saciedad, sino que también tenga un efecto preventivo contra las enfermedades (Fernandes *et al.* 2018).

1.2. *Aloe vera*

La clasificación taxonómica de *Aloe vera* se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación taxonómica del Aloe vera. Fuente: APGV IV

Dominio	Eucariota
Reino	Plantae
Clado	Traqueofitas
Clado	Angiospermas
Clado	Monocotiledóneas
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Asparagales
Familia	Asphodelaceae
Género	<i>Aloe</i>
Especie	<i>Aloe vera</i> (L.) Burm. Fil.
Sinonimia	<i>Aloe barbadensis</i> Mill.
Nombre común	Aloe vera

DESCRIPCIÓN GÉNERO *Aloe*

Las especies de este género son casi siempre leñosas, con las hojas muy grandes y carnosas, dispuestas en grandes rosetones y con una espina recia en su extremo, armadas de otras espinas marginales más pequeñas. Constan de uno o diversos bohordos (varas) axilares que rematan en hermosos ramilletes. Las flores son tubulosas, porque las seis piezas que forman la cubierta floral se sueldan todas entre sí en un tubo la mayoría de las veces recto, y en otros casos algo encorvado y bilabiado. Estas flores suelen tener color rojizo, anaranjado o amarillento. Presenta seis estambres, con largos filamentos que arrancan del fondo de la flor, debajo del pistilo. El fruto es una cápsula de paredes inconsistentes.

La floración depende de la especie, normalmente tiene lugar en primavera y verano y en sus países de origen incluso en invierno.

Las plantas de este género tienen numerosos usos medicinales. En medicina se emplea el denominado acíbar, se trata del jugo de las hojas cuajado en una masa sólida de color muy oscuro y muy amarga. La composición de este varía en función del aloe del que procede, de la época de recolección y del método de elaboración. Contiene entre un 6 y un 10% de agua. Lo que más varía en su composición es la cantidad de resina, que puede oscilar entre el 40 y el 80%. Esta resina es un éster del ácido paracumárico y un alcohol resínico, el aloerresinotanol. Además, el acíbar contiene hasta un 20% de aloínas que por hidrólisis dan emodina (antraquinona con diversas propiedades) y constituyen los principios activos del acíbar (Dioscórides, 2010).

1.3. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE *Aloe vera*

Su nombre genérico "*Aloe*" proviene del término árabe "alloeh", que significa sustancia brillante y amarga. Se denomina también con el nombre de sábila (Moreno *et al.*, 2012).

La planta de *Aloe vera* se describe como un arbusto acaule o con tallo corto cubierto de hojas, estolonífero (Figura 1). Su tallo mide hasta 30 cm, erecto, sin rebrotes laterales. El tamaño

de las hojas es de aproximadamente 40-50 x 5-8 cm, se disponen densamente agrupadas en una roseta basal hasta de 16 hojas, estrechamente triangular-lanceoladas, canaliculadas, rectas, erecto-patentes, herbáceas, son de un color verde-grisáceo, glaucas, dentadas solo en el margen, con dientes de 2 mm, gruesos, duros, retrorsos (curvado y dirigido hacia la parte inferior) (Figura 2), de un color más claro que el del limbo. La inflorescencia (Figura 3) tiene un tamaño, incluido el pedúnculo, de 70-100 cm, en racimo de 30-50 cm x 5-6 cm, es simple, densa en la antesis y en la fructificación; las brácteas florales miden entre 8-11 mm x 5-6 mm, son triangulares, acuminadas y membranáceas. Las flores son cortamente pediceladas, patentes en la antesis, péndulas al madurar y en la fructificación; los pedicelos son de 4-5 mm, algo acrescentes, llegan a medir hasta 7 mm en la fructificación. El perianto es de unos 25-30 mm, tubuloso, levemente estrechado en la base y de color amarillo; los tépalos externos están soldados en la mitad inferior de su longitud. Los estambres miden entre 30-35 mm. El estilo, en parte, y el estigma son externos. Las semillas miden unos 5 mm, sin contar las alas (Flora Ibérica, 2013).



Figura 1. Ejemplares de Aloe en el Campus de Vera (ETSIAMN, UPV).
Autora: Ortiz Cubells, B.



Figura 3. Detalle dientes retrorsos Aloe en el Campus de Vera (ETSIAMN, UPV). Autora: Ortiz Cubells, B.



Figura 2. Inflorescencia de Aloe en el Campus de Vera (ETSIAMN, UPV). Autora: Ortiz Cubells, B.

Se trata de una planta perenne y resistente a la sequía, puede vivir más de 7 años sin agua (Joseph y Raj, 2010, Manvitha y Bidya, 2014) y por el contrario no puede sobrevivir a temperaturas de congelación. Presenta tallos cortos, erectos y leñosos que se propagan vegetativamente mediante estolones. Cada planta tiene entre 12 y 16 hojas, las hojas pueden llegar a pesar hasta 1,5 kg cuando maduran (Ahlawat y Khatkar, 2011). Las hojas son suculentas, están cubiertas de una cutícula gruesa que rodea al mesófilo y normalmente se unen al tallo formando una roseta (Pal *et al.*, 2013), de color verde con posible moteado en blanco y con espinas en los márgenes. Florece de octubre a enero, presenta una inflorescencia larga con gran cantidad de flores pequeñas de color amarillo o rojo. Los frutos se desarrollan de febrero a abril (Manvitha y Bidya, 2014) y presentan gran cantidad de semillas (Sahu *et al.*, 2013).

Presenta aspecto de cactus, por eso se le denomina en ocasiones “Cactus del desierto”, erróneamente. La mayoría de las plantas de Aloe no son tóxicas, pero existen ejemplares extremadamente tóxicos que contienen una sustancia similar a la cicuta.

1.4. COMPOSICIÓN QUÍMICA Y PROPIEDADES

La hoja de *Aloe vera* presenta excelentes propiedades con un 95% de agua, compuestos bioactivos, minerales, enzimas, nutrientes, vitaminas y aminoácidos (Banjare *et al.* 2014). En la Tabla 2 se muestran varios compuestos químicos, sus respectivas clases y funciones presentes en el *Aloe vera*. Las diversas corrientes de la medicina como la homeopática, alopática y ayurvédica (medicina tradicional india) han aplicado el *Aloe vera* como medicamento por sus efectos terapéuticos como emoliente, antiinflamatorio, purgante, antimicrobiano, afrodisíaco, antifúngico, antioxidante y también tiene valores cosméticos (Benzidia *et al.*, 2018).

Tabla 2. Composición química del *Aloe vera*. Fuente: Sonawane, SK, Gokhale, JS, Mulla, MZ *et al.*, 2020.

CLASE	Compuestos químicos	Función
Ácidos grasos	Diisooctilftalato (11,84%), fitol (14,40%), ácido linolénico (16,59%) y ácido palmítico (11,91%)	Antioxidante
Fitoquímicos	Alcaloides, flavonoides, esteroides, triterpenos, taninos	Antioxidante, antirradical
Antraquinonas	Homonataloína B, Aloinósido B, Microdontina B, Aloína B, Aloína A, Microdontina A, Aloinósido A	Laxante, antidiabético y antioxidante
Carbohidratos	Azúcares como arabinosa, celulosa, fructosa, fucosa, galactosa, glucosa lactosa, maltosa, manosa, sustancia péctica ramnosa, sacarosa, ácido urónico y xilosa.	Antidiabético, antialérgico y antiinflamatorio

CLASE	Compuestos químicos	Función
Cromonas	Isorabaicromona, neoaloesina A, 8-C-glucosil- (S) - aloesol, 8-C-glucosil- (2'-O-cinamoil) -7-O-metilaloediol A, isoaloesina D y 8-Cglucosil-7-O-metil- (S) -aloesol, 8-C-glucosil-7-O-metilaloediol, 8-C-glucosilnoreugenina	Antiinflamatorio
Enzimas	Oxidasa, fosfatasa alcalina, amilasa, bradiquinasa, carboxipeptidasa, catalasa, celulasa, lipasa y peroxidasa	Reduce la hinchazón de la piel y ayuda al reciclaje del tejido dañado en el propio cuerpo.
Elementos inorgánicos	Calcio, sodio, cloro, zinc, hierro, potasio, cobre, magnesio	Ayuda en la formación de dientes y huesos, ayuda a mantener la salud de los músculos, ayuda en el transporte de oxígeno y la entrega de nutrientes a las células del cuerpo.
Varios, incluidos compuestos orgánicos y lípidos	Sorbato de potasio, ácido araquidónico, ácido γ -linolénico, triterpenoide, triglicéridos, ácido salicílico y ácido úrico	Ácido graso esencial (ácido γ -linolénico), antibacteriano.
Aminoácidos	Alanina, arginina, ácido aspártico, cisteína, ácido glutámico, glicina, histidina, hidroxiprolina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, prolina, treonina, serina, tirosina y valina	Mejora el sistema inmunitario. Regula las actividades metabólicas. Repara y reconstruye los músculos
Proteínas	Lectinas	Antibacteriano y antiséptico.
Sacáridos	Manosa, glucosa, L- ramnosa, aldopentosa	Estimula el sistema inmunológico
Vitaminas	Vitamina A, C, E, B1, B2, B6, B12, colina, ácido fólico, α -tocoferol	Antioxidantes; comunicaciones celulares; síntesis de colágeno; Síntesis de ADN

El gel de *Aloe vera* tiene excelentes propiedades medicinales, funcionales y nutricionales y su incorporación a los alimentos puede incrementar su valor medicinal, funcional y nutricional (Jayabalan 2013). Saccù *et al.* (2001) han identificado más de 70 compuestos aromáticos. Los compuestos aromáticos principalmente presentes son alcoholes, ácidos orgánicos, aldehídos, triglicéridos, enzimas y sorbato de potasio.

1.5. EMPLEO DE *Aloe vera* COMO CONSERVANTE EN LOS ALIMENTOS. PROPIEDADES ANTIFÚNGICAS.

Además, el *Aloe vera* presenta propiedades interesantes para la conservación de los alimentos y para alargar su vida útil.

Valverde *et al.*, (2005), desarrollaron un recubrimiento comestible a base de *Aloe vera*, como medio de conservación para mantener la calidad en uva de mesa. Con este recubrimiento consiguieron alargar la vida útil de las uvas hasta 35 días a 1°C, mientras que en la uva que no fue tratada la vida útil a la misma temperatura fue de 7 días. Además, con este recubrimiento se redujo la presencia de levaduras y mohos en las uvas tratadas, mientras que en las que no tenían recubrimiento aumentaron significativamente durante el almacenamiento.

Sitara *et al.*, (2011) realizaron pruebas con extracto de las hojas de *Aloe vera* para comprobar su actividad antifúngica contra cinco hongos fitopatógenos, que son *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus*, *Alternaria alternata*, *Drechslera hawaiiensis* y *Penicillium digitatum*. Con el extracto empleado inhibieron completamente el crecimiento de *Drechslera hawaiiensis* y *Alternaria alternata*.

Una humedad relativa (HR) adecuada es importante para controlar el desarrollo de la descomposición y la pérdida de agua de las frutas y verduras. Para la conservación de frutas y verduras, normalmente, se emplean valores de HR altos durante el almacenamiento post-cosecha, además, las películas empleadas como conservantes podrían sufrir fracturas a baja HR ambiental debido a su estado vítreo. Por lo tanto, bajo condiciones ligeramente por encima del contenido crítico de humedad y las actividades críticas del agua, los materiales de revestimiento no serán ni quebradizos ni tan pegajosos y esto se puede lograr mediante la incorporación de *Aloe vera*. Las películas comestibles antifúngicas a base de almidón desarrolladas por Ortega-Toro *et al.* (2017), incorporaban *Aloe vera* en matrices de almidón en una proporción 1:1 y utilizaban glicerol como plastificante, que controla eficazmente el crecimiento de hongos y la pérdida de humedad en tomates Cherry. Los fungicidas sintéticos utilizados en la conservación de frutas y verduras pueden ser reemplazados por *Aloe vera* debido a su naturaleza no tóxica, sirviendo como fuente natural de conservantes. Las ciruelas y melocotones recién cosechados recubiertos con geles de *Aloe aborescens* o con *Aloe vera* mostraron un retraso en la producción de etileno durante la maduración a 20°C durante seis días (Guillén *et al.*, 2013). El *Aloe vera* puede extender la vida útil de las frutas recién cortadas. Sepulcre *et al.* (2015) compararon la eficacia de los recubrimientos a base de *Aloe vera*, alginato de sodio y quitosano para aumentar la vida útil de las rodajas de kiwi, manteniendo la firmeza y previniendo el amarilleo que se produce debido a la maduración. El panel sensorial prefirió la rodaja de kiwi tratada con el *Aloe vera*. El *Aloe vera* juega un papel crucial para extender la vida útil post-cosecha al mantener las propiedades sensoriales durante, aproximadamente, 12 días de almacenamiento. Por tanto, el *Aloe vera* se puede utilizar como potencial bio-conservante en diferentes productos

alimenticios, incluyendo alimentos procesados y también como antioxidante en productos frescos y con propiedades antimicrobianas (Shahrezaee *et al.*, 2018).

1.6. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA Y CULTIVO DE *Aloe vera*

En cuanto a su distribución geográfica, es probable que sea nativa de la región del Mediterráneo, resulta frecuente encontrarla en asociaciones xerofíticas y en estado subespontáneo o connaturalizada en casi todas las regiones cálidas. Los ejemplares crecen tanto en zonas templadas como subtropicales.

Dados los factores limitantes que presenta el cultivo de *Aloe vera* para su óptimo desarrollo, los mejores condicionantes físicos los tienen aquellas zonas que proporcionen climas calurosos con suficiente agua y suelos adecuados, principalmente países que se ubican cercanos a los trópicos (Moreno *et al.*, 2012).

España es el país que lidera la producción europea de *Aloe vera*, seguido por Italia y Portugal, si bien no es uno de los principales consumidores de materias primas o productos terminados, cuyas primeras posiciones las ocupan Alemania, Reino Unido, Francia e Italia. En España la principal región productora es el archipiélago de las Islas Canarias, con aproximadamente 150 hectáreas cultivadas. Además, hay cerca de 50 hectáreas dedicadas al *Aloe vera* en la Península Ibérica, concentradas la mayoría en Andalucía (principalmente Cádiz, Córdoba y Sevilla), que representa el 80% de la producción peninsular, Murcia y Valencia, casi todas ellas distribuidas en explotaciones que no superan las tres hectáreas de superficie. Por último, Mallorca también posee algunas áreas importantes de producción. En toda España, hay cultivadas entre 200 y 250 hectáreas de *Aloe vera*, si bien la tendencia futura es la de aumentar esta superficie (Moreno *et al.*, 2012).

Al no ser una planta demasiado exigente en agua suele resultar una opción interesante para los agricultores de zonas con fuertes sequías porque es una alternativa económicamente rentable, (Manvitha y Bidya, 2014) aunque requiere gran cantidad de mano de obra y habilidades. Las hojas pueden ser cosechadas después de 7 u 8 meses tras haber sido plantadas. La planta tiene una vida útil de unos 12 años, siendo los 4 ó 5 primeros años en los que se obtiene mayor rendimiento (Eshun y He, 2004, Ahlawat y Khatkar, 2011). Se suelen extraer entre 3 y 4 hojas de la base de la planta, con cuidado de no dañar la corteza externa de las hojas para evitar la contaminación microbiana (Manvitha y Bidya, 2014).

Las hojas pueden ser secadas, primero a la sombra y posteriormente al sol, o congeladas. Si son secadas se obtiene un polvo negro y si se congelan se obtiene una sustancia gelatinosa. Las flores también pueden secarse después de la recolección. Estas hojas secretan dos exudados, el primero de ellos es el denominado látex y es de color amarillo rojizo y se puede emplear como laxante, el segundo es denominado gel de *Aloe vera*, se trata de un gel transparente, resbaladizo, inodoro e insípido (Pal *et al.*, 2013), este último puede ser empleado para curar o tratar quemaduras epidérmicas, a diferencia del primero no presenta efecto laxante, puesto que no posee antraquinonas.

1.7. HONGOS

1.7.1. Descripción general

Hasta la fecha se han descrito entre 80000 y 120000 especies de hongos, pese a que se estima que el número total es de, aproximadamente, 1.5 millones (Hawksworth, 2001; Kirk *et al.*, 2001).

Según Agrios, (2005), los hongos son pequeños organismos productores de esporas, generalmente microscópicos, eucarióticos, ramificados y a menudo filamentosos que carecen de clorofila y que tienen paredes celulares que contienen quitina, celulosa, o ambos componentes. La mayoría de las especies conocidas son estrictamente saprófitas y viven sobre la materia orgánica muerta, a la que descomponen. Alrededor de 50 especies de hongos producen enfermedades en los seres humanos y casi el mismo número ocasiona enfermedades en los animales, la mayoría de las cuales son enfermedades superficiales de la piel o de sus apéndices. Se considera que más de 8000 especies de hongos ocasionan enfermedades en las plantas. Todas las plantas son atacadas por algún tipo de hongo, y cada uno de los hongos parásitos ataca a uno o más tipos de plantas. Algunos hongos crecen y se reproducen solo cuando establecen una cierta asociación con las plantas que les sirven de hospedante, durante todo su ciclo de vida estos hongos se conocen como parásitos obligados o biotrofos. Otros requieren de una planta hospedante durante una cierta etapa de su ciclo de vida, el cual lo pueden concluir desarrollándose en materia orgánica muerta o bien creciendo y reproduciéndose tanto en materia orgánica muerta como en plantas vivas (como por ejemplo los parásitos no obligados).

1.7.2. Género *Rhizoctonia*. *Rhizoctonia solani* J.G. Kühn

Taxonomía

Tabla 3. Taxonomía de *Rhizoctonia solani*. Fuente: Index Fungorum, 2020.

Reino	Fungi
Filo	Basidiomycota
Clase	Hyphomycetes
Orden	Agonomycetales
Familia	Agonomycetaceae
Género	<i>Rhizoctonia</i>

Descripción

El patógeno *Rhizoctonia solani* presenta colonias que tienen un rápido crecimiento y un micelio estéril. El micelio está formado por hifas multinucleadas que se ramifican y crecen en ángulo con respecto a la hifa principal. Cuando las hifas envejecen se agrupan y oscurecen dando cuerpos de color negruzco (esclerocios), que tienen la función de estructuras de reposo. Este tipo de ramificación es la clave para la identificación del hongo. Se trata de un hongo fitopatógeno que no forma conidios asexuales. Se clasifica entre los hongos que se denominan “micelios estériles” y únicamente en condiciones especiales produce esporas sexuales, denominadas “basidiosporas” (Alvarado *et al.*, 2008). En la Figura 4 se muestra el micelio de *Rhizoctonia solani* observado al microscopio.



Figura 4. Imagen microscópica del micelio de *Rhizoctonia solani*. Autora: Ortiz Cubells, B.

En las condiciones que se dan en la naturaleza este hongo se reproduce asexualmente y existe como micelio vegetativo, persistiendo en el terreno y formando estructuras de resistencia o esclerocios. El hongo también puede estar presente en las raíces de algunos hospedantes sin provocar efectos (Angulo y Ericson, 2014). Es capaz de desarrollarse a temperaturas muy diversas, en zonas cálidas, templadas y frías. Ocasiona daños considerables en los brotes emergentes del tubérculo cuando las condiciones no favorecen su rápida emergencia, como en suelos húmedos, ácidos y fríos (Albán 2015).

La sintomatología en el cultivo de la patata se caracteriza por la aparición de lesiones necróticas de raíces, estolones y cuello de la planta, lo que conduce a la formación de tubérculos aéreos en las axilas de las hojas. Además, sobre los tubérculos se forman esclerocios aislados o en masa, conocido como costra negra. En ocasiones, los aislamientos de *Rhizoctonia solani* tienen la capacidad de fusionar sus hifas, si esta situación tiene lugar, se dice que las cepas son genéticamente similares y pertenecen al mismo grupo anastomósico (Escalona *et al.*, 2012). En la Figura 5 se muestra un ejemplar de patata atacado por *Rhizoctonia solani*.



Figura 5. Ejemplar de patata atacado por *Rhizoctonia solani*. Fuente: Bayer Crop Science UK, 2020.

1.7.3. Género *Curvularia*. *Curvularia hawaiiensis* (Bugnic. Ex MB Ellis)
Manamgoda, L. Cai y KD Hyde

Taxonomía

Tabla 4. Taxonomía de Curvularia hawaiiensis. Fuente: Index Fungorum, 2020

Reino	Fungi
Filo	Ascomycota
Clase	Dothideomycetes
Orden	Pleosporales
Familia	Pleosporaceae
Género	<i>Curvularia</i>

Descripción

Varias especies incluidas anteriormente en *Pseudocochliobolus* ahora se consideran *Curvularia* spp. Por lo tanto, el nombre del género *Pseudocochliobolus* ya no se considera un género distinto, ya que el tipo resulta sinónimo de *Curvularia* (Marin-Felix *et al.*, 2017). Alrededor de 133 especies de epítetos de *Curvularia* se enumeran en Index Fungorum (2015) y los datos moleculares están disponibles para solo 59 especies. La falta de esporulación y la falta de colecciones frescas son un cuello de botella para comprender el género (Manamgoda *et al.*, 2015).

El género presenta conidios largos y elipsoidales (Figura 6), cuenta con tres o cuatro septos transversales. Los conidios suelen ser curvos, tal y como indica su nombre, esto es debido a una célula central hinchada de manera asimétrica. Los conidios no superan los 40 mm de longitud (Pitt y Hocking, 2009). También es un género capaz de producir micotoxinas importantes, como curvularidos y espiciferona-A (Manamgoda *et al.* 2011).



Figura 6. Conidios de Curvularia hawaiiensis a microscopía óptica. Autora: Ortiz Cubells, B.

Este género está asociado como patógeno tanto en plantas como en humanos (Hyde *et al.*, 2014). Además, las especies de *Curvularia* pueden encontrarse en la naturaleza como endófitas (Tadych *et al.*, 2012, Gautam *et al.*, 2013; Jena & Tayung 2013), epífitas (Diaz & Oyama 2007), saprófitas (Manamgoda *et al.*, 2012b) y patógenas (Akter *et al.*, 2013; Manamgoda *et al.*, 2012a; Scott & Carter 2014) en una amplia gama de huéspedes. Por ejemplo, se ha observado

que algunas especies de *Curvularia* como *C. hawaiiensis*, *C. lunata* y *C. spicifera*, se asocian tanto con humanos como con plantas (Manamgoda *et al.*, 2015). En ese sentido, se sabe que *Curvularia lunata*, la especie tipo de este género, originalmente registrada en *Saccharum officinarum* (caña de azúcar), también causa manchas en las hojas de *Clerodendrum indicum*, una importante planta medicinal (Mukherjee *et al.*, 2013) y en *Zea mays*, lo que provoca importantes pérdidas de rendimiento (Li *et al.*, 2006). La mayoría de las especies de *Curvularia* se presentan como patógenos facultativos de plantas tropicales y subtropicales y también como endófitos de algunas plantas (Khiralla *et al.*, 2016, Khiralla *et al.*, 2015).

Curvularia y *Bipolaris* son géneros hermanos que comparten algunas similitudes morfológicas. No pueden diferenciarse fácilmente por ningún criterio taxonómico distinto (Sivanesan, 1987). La característica clave del género *Curvularia* son los conidios curvos, aunque algunas especies no siempre producen estos conidios característicos, muchos de sus caracteres morfológicos se solapan entre especies, las diferencias son sutiles y pueden variar en función de las condiciones de cultivo, el huésped y los modos de vida. Identificaciones basadas exclusivamente en la morfología pueden ser incorrectas, dudosas o ambiguas (Revankar y Sutton 2010; Vermeire *et al.*, 2010; da Cunha *et al.*, 2013).

La identificación de los estados sexuales en el género *Curvularia* se basa en la forma y el tamaño del pico ostiolar, este carácter no es constante en *Curvularia hawaiiensis* debido a que la longitud y el ancho del pico ostiolar es muy variable dentro de esta especie. Filogenéticamente esta especie está relacionada estrechamente con *Curvularia dactyloctenii*.

Se trata de patógenos destructivos principalmente para las hierbas y plantas de cereales como arroz, cebada, trigo, maíz y sorgo (Pitt y Hocking, 2009). Además, causan manchas en las hojas de las gramíneas (Agrios, 2005). Esta situación da lugar a grandes pérdidas en la producción agrícola con varios ejemplos de enfermedades causadas por este género, responsable en la mayor parte de las manchas necróticas en las hojas de varias familias de plantas (Dasgupta *et al.*, 2005), especialmente para la familia de las Poaceas (Toledo *et al.*, 1990; Yago *et al.*, 2011).

1.7.4. Género *Botryotinia*. *Botryotinia fuckeliana* (de Bary) Whetzel

Taxonomía

Tabla 5. Taxonomía de *Botryotinia fuckeliana*. Fuente: Index Fungorum, 2020.

Reino	Fungi
Filo	Ascomycota
Clase	Leotiomycetes
Orden	Helotiales
Familia	Sclerotiniaceae
Género	<i>Botryotinia</i>

La especie *Botryotinia fuckeliana* (de Bary) Whetzel, Mycologia 37(6): 679 (1945) es conocida también como *Botrytis fuckeliana* N.F. Buchw., K. Vethojks. Aarsskr. 32: 147 (1949), (Index fungorum, 2020).

Descripción

Los patógenos que pertenecen a este género son de tipo pleomórfico, es decir, con capacidad para alterar su morfología, función biológica y modo reproductivo en función de las condiciones ambientales. En el año 1905 se estableció un sistema dual de nomenclatura de los hongos, en el que se distingue un nombre para la forma asexual del hongo y otro para la forma sexual. *Botryotinia fuckeliana* es el nombre con el que se denomina la etapa sexual (teleomorfo) y *Botrytis cinerea* es el nombre de la etapa asexual (anamorfo), (Faretra *et al.* 1988).

Se trata de un género de gran diversidad, con gran cantidad de especies que se diferencian en cuanto a su biología, ecología, características morfológicas y rango de hospedaje. Los avances en la genética molecular y en el desarrollo de marcadores filogenéticos han dado lugar al establecimiento de 30 especies aproximadamente, un híbrido y un complejo de especies. Durante los últimos 10 años se han identificado siete nuevas especies. Se conoce que *Botrytis cinerea* presenta una amplia diversidad de poblaciones, es posible que sea debido a la intensa recombinación y a las poblaciones de gran tamaño (Elad *et al.* 2016).

El patógeno, *Botrytis cinerea* (Figura 7) y otras especies, producen abundante micelio gris y conidióforos largos y ramificados que tienen células apicales redondeadas con racimos de conidios ovoides, incoloros o grises y unicelulares. Los conidióforos y racimos de conidios se asemejan a un racimo de uva, este rasgo morfológico característico dio origen al nombre del género. Los conidios se liberan fácilmente en climas húmedos y son transportados por las corrientes de aire. El hongo produce frecuentemente esclerocios negros, duros, planos e irregulares (Agrios, 2005).

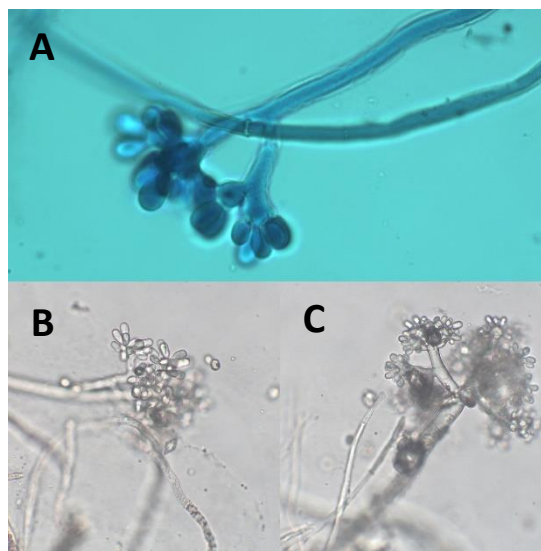


Figura 7. A, B y C: imágenes al microscopio de *Botrytis cinerea*. Autora: Ortiz Cubells, B.

Botrytis cinerea es el hongo mitospórico que causa más frecuentemente enfermedades en las frutas y en general en las plantas. Sus enfermedades son probablemente las más comunes y las que más ampliamente distribuidas están en hortalizas, plantas ornamentales, frutas, e incluso en algunos cultivos de campo en todo el mundo. Son también las enfermedades más comunes de los cultivos de invernadero. Los síntomas de las enfermedades de *Botrytis cinerea* aparecen principalmente como tizones de las flores y pudriciones de las frutas, pero también

como humectantes, chancros del tallo o pudriciones, manchas en las hojas y pudriciones de tubérculos, cormos y bulbos y raíces de muchas verduras, flores, frutas pequeñas y otros árboles frutales. En condiciones de humedad, el hongo produce una notable capa fructífera de moho gris en los tejidos afectados que es característica de las enfermedades de *Botrytis cinerea*. Algunas de las enfermedades más graves que causa incluyen el moho gris de la fresa, la uva y de muchas verduras, la podredumbre gris de la patata, la podredumbre del extremo del cáliz de las manzanas y la podredumbre del cuello, el tizón o moho gris de muchas plantas ornamentales, la podredumbre del bulbo de la amarilis, la podredumbre del bulbo de los gladiolos y otras. También es el causante de pudriciones secundarias suaves en frutas y vegetales en el almacenamiento, tránsito y mercado (Agrios, 2005).

Las partes de plantas completamente desarrolladas, maduras y senescentes son mucho más susceptibles a ciertos patógenos, como *Botrytis cinerea*, que sus homólogos más jóvenes. Casi todas las frutas, verduras y bulbos frescos son atacados por *Botrytis cinerea* durante su almacenamiento. Algunos productos, como la fresa, la lechuga, la cebolla, la uva (Figura 8) y la manzana, también son atacados en el campo cuando están próximos a la madurez o mientras están verdes. La descomposición puede comenzar en la flor o en el extremo del tallo del fruto o en cualquier herida. La descomposición aparece como una zona bien definida empapada de agua, luego de color marrón, que penetra profundamente y avanza rápidamente en el tejido. En la mayoría de los huéspedes y bajo condiciones húmedas, se desarrolla una capa de moho granular grisácea o marrón en la superficie de las áreas en descomposición. Los mohos grises son más severos en ambientes frescos y húmedos y continúan desarrollándose, aunque lentamente, incluso a 0°C (Agrios, 2005).

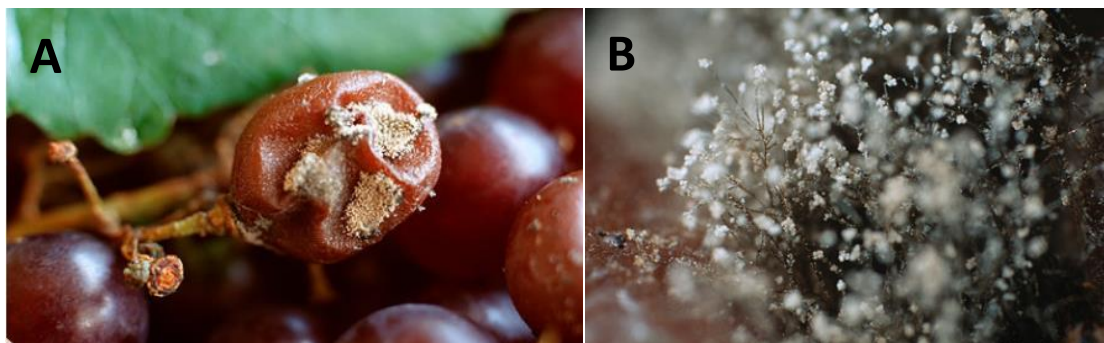


Figura 8. A y B: Ataque de *Botrytis cinerea* en uva roja, a la derecha (B) se muestra con mayor detalle. Fuente: R. Koenig(2020).

Las especies del género *Botrytis* han sido consideradas durante mucho tiempo únicamente como patógenos necrótrofos, existen pruebas actualmente que demuestran que algunas especies pueden estar presentes dentro de los tejidos de las plantas sin desencadenar los síntomas de la enfermedad, por lo que deben considerarse como especies endófitas. Las infecciones pueden dar lugar a síntomas en etapas posteriores o transferirse por propagación mediante semilla. Algunas plantas dicotiledóneas albergan una infestación endofítica de *B. cinerea*, se desconocen las implicaciones de este tipo de interacción (Van Kan *et al.* 2014, Elad *et al.* 2016).

Debido al reciente establecimiento de nuevas especies la taxonomía de *Botrytis* parece encontrarse en una fase temprana. Es posible que algunas especies más continúen sin ser descubiertas, algunas parásitas y otras endofíticas, por lo que serán más difíciles de detectar, (Van Kan *et al.* 2014).

1.7.5. Género *Penicillium*. *Penicillium italicum* Wehmer

Taxonomía

Tabla 6. Taxonomía de *Penicillium italicum*. Fuente: Index fungorum, 2020.

Reino	Fungi
Filo	Ascomycota
Clase	Eurotiomycetes
Orden	Eurotiales
Familia	Trichocomaceae
Género	<i>Penicillium</i>

Descripción

Se trata del patógeno causante del moho azul (Figura 9), uno de los más importantes desde el punto de vista económico en el cultivo de los cítricos. Produce conidios (Ilustración 8), que se reproducen asexualmente e infectan la fruta a través de las heridas causadas por insectos, ramas o manipulación humana inapropiada durante la cosecha (Kellerman, Joubert, Erasmus y Fourie, 2016). La germinación y el desarrollo de hifas en el moho azul tiene mayor importancia en condiciones de almacenamiento en frío con temperaturas bajas. Presenta un crecimiento lento, en el que aparece una lesión redonda, siempre con un borde de micelio blanco. Puede aparecer cuando las temperaturas oscilan entre los 3 y 32°C, desarrollándose con mayor facilidad a 24°C y humedad relativa alta. La contaminación en los cítricos se produce por esporas, que se instalan en la piel y producen una enzima que deshace la lignina de la corteza y la ablanda (Droby *et al.*, 2008).

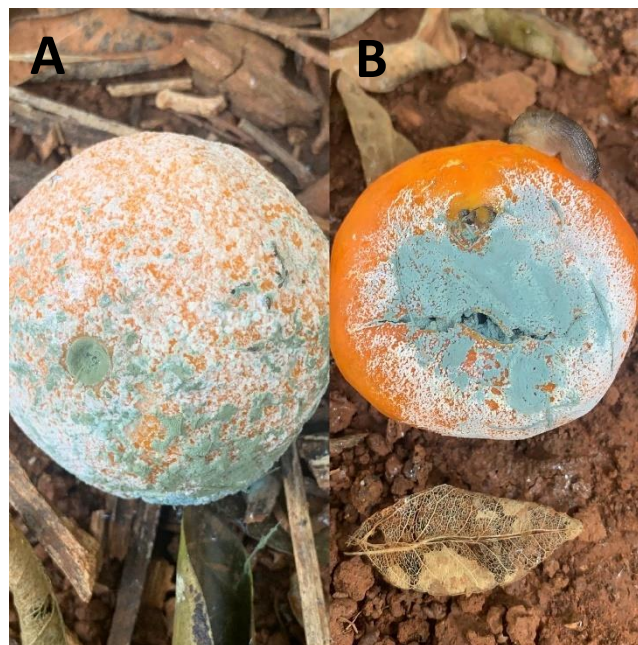


Figura 9. Imágenes A y B: Moho azul (*Penicillium italicum*) sobre mandarina. Autora: Ortiz Cubells, B.

En cuanto a su crecimiento, las colonias en agar alcanzan los 2.0-2.5 cm en 14 días, a 25°C. La coloración de este patógeno es entre gris y verde. Posee un olor aromático, perfumado. No presenta exudado generalmente y si lo hace es en forma de gotas hialinas. El reverso es incoloro o de color amarillento a marrón. Los conidióforos suelen ser sinemas, estos a veces se desarrollan a partir de haces de las hifas vegetativas sumergidas en el agar. La metula es más o menos cilíndrica y de paredes lisas. Los conidios son cilíndricos, pero a menudo se vuelven de forma elipsoidal a subglobosa, también presentan paredes lisas (Samson *et al.*, 2000). En la Figura 10 se observan conidios y conidióforos de *Penicillium italicum*.

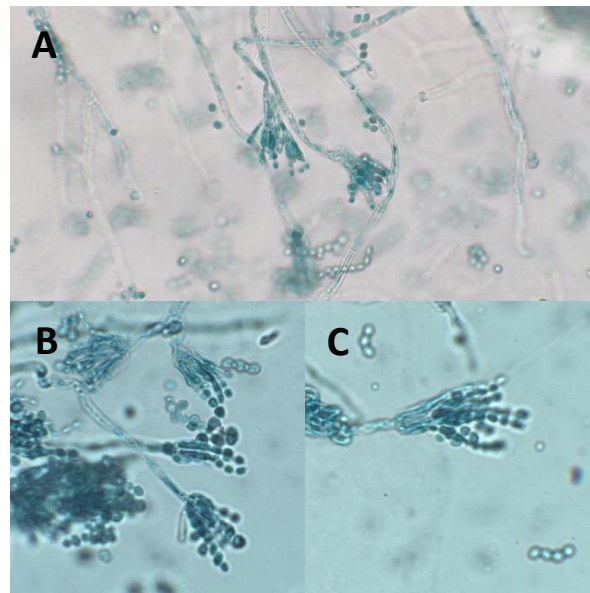


Figura 10. A, B y C: imágenes al microscopio de conidios y conidióforos de *Penicillium italicum*.
Autora: Ortiz Cubells, B.

1.7.6. Género *Verticillium*. *Verticillium dahliae* Kleb

Taxonomía

Tabla 7. Taxonomía de *Verticillium dahliae*. Fuente: Index fungorum, 2020.

Reino	Fungi
Filo	Ascomycota
Clase	Sordariomycetes
Orden	Hypocreales
Familia	Incertae sedis
Género	<i>Verticillium</i>

Descripción

Verticillium dahliae es uno de los hongos más importantes patogenéticamente hablando, es capaz de infectar a más de cien hospedadores dicotiledóneos. Posee un amplio espectro de hospedantes en el que están incluidas plantas anuales y perennes, herbáceas y leñosas. Algunos de los síntomas que se observan con mayor frecuencia incluyen el enraizado,

la marchitez, la clorosis, la necrosis, la decoloración vascular y la senescencia temprana. En los tallos los síntomas que provoca en frambuesa, mora y zarzamora aparecen al final de la temporada de crecimiento, estos se doblan y toman un color azulado. Esta enfermedad se conoce como tallo azul debido a la sintomatología. Se ha demostrado que las frambuesas negras son más susceptibles que las rojas. Los tallos a los que afecta mueren antes de que los frutos maduren, lo que provoca frutos pequeños e insípidos. En cuanto a las hojas en fresa este patógeno provoca marchitez, clorosis, enanismo, necrosis y aclaramiento de nervaduras (Lázaro *et al.*, 2008).

El hongo produce microesclerocios, lo que le permite sobrevivir en condiciones ambientales adversas, que puede encontrar en el interior de sus huéspedes y en el suelo (Tian *et al.*, 2017). En la Figura 11 se muestra una imagen detallada del hongo.



Figura 11. Imagen detallada de *Verticillium dahliae*. Autora: Ortiz Cubells, B.

Santamarina y Roselló (2006) estudiaron y detallaron la actividad del agua óptima para el crecimiento de *Verticillium dahliae*, a una temperatura entre 15-25°C, siendo esta la comprendida en un rango de 0.98-0.995 a_w .

Después de la muerte del hospedante o cuando ha finalizado la temporada de crecimiento *Verticillium dahliae*, sobrevive como micelio, hibernando en residuos vegetales muertos que se encuentran en el suelo, este hongo puede vivir como saprófito, en presencia de un hospedante o no (Lázaro *et al.*, 2008).

Es un hongo del suelo, responsable de las enfermedades denominadas Verticilosis. Es el causante de grandes pérdidas en muchas especies cultivadas, entre las que destacan el algodón, el olivo y otros cultivos hortícolas. Persiste durante años en el suelo como microesclerocios. Se transmite por contacto entre raíces, por agua y viento.

Este género ataca a más de 200 especies de plantas, la mayoría de ellas hortalizas, como tomate, berenjena, pimiento, melón y sandía. Produce conidios que son viables por poco tiempo y también produce microesclerocios, pasa el invierno en el suelo en forma de esclerocios que pueden sobrevivir hasta cincuenta años. Su crecimiento es más común en regiones cálidas. (Agrios, 2005).

2. OBJETIVOS

En el presente trabajo se evalúa el potencial antifúngico del extracto de las hojas de la planta de *Aloe vera* frente a cinco hongos, *Botryotinia fuckeliana*, *Curvularia hawaiiensis*, *Penicillium italicum*, *Rhizoctonia solani* y *Verticillium dahliae*, que provocan grandes pérdidas en diferentes alimentos, tanto en campo como en su almacenamiento.

Se estudia:

- El efecto del extracto de *Aloe vera* a la dosis de 200 mL/L sobre la velocidad de crecimiento “*in vitro*” de los hongos, *Botryotinia fuckeliana*, *Curvularia hawaiiensis*, *Penicillium italicum*, *Rhizoctonia solani* y *Verticillium dahliae*.
- El porcentaje de inhibición del crecimiento micelial (MGI) de los hongos, objeto de estudio, en extracto de *Aloe vera* a la dosis de 200 mL/L al séptimo día.
- Para aquellos hongos cuyo MGI fue inhibido en más de un 50% a la dosis de 200 mL/L se realizaron las mismas pruebas a la dosis de 100 mL/L.

El objetivo final es conocer si el extracto de las hojas de *Aloe vera* podría ser empleado como producto biofungicida, consiguiendo alargar la vida útil de los distintos alimentos y al mismo tiempo ser un producto respetuoso con el medio ambiente y con la salud del consumidor.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. EXTRACTO DE *Aloe vera*

El extracto de las hojas de *Aloe vera* fue suministrado por la casa comercial Canary Aloe, del lote E028/15. Se trata de un extracto ecológico de pureza del 99,5%.

3.2. LOS HONGOS

Los hongos estudiados han sido: *Botryotinia fuckeliana* (BF) CECT 2100, *Curvularia hawaiiensis* (CH) CECT 20934, *Penicillium italicum* (PI) CECT 20796, *Rhizoctonia solani* (RS) CECT 2819, *Verticillium dahliae* (VD) CECT 2694. CH fue aislado en el Laboratorio de Botánica del Departamento de Ecosistemas Agroforestales a partir de cariósides de arroz de la variedad bomba, procedente del Parque Natural de la Albufera de Valencia. La identificación de este hongo se realizó mediante métodos morfológicos y moleculares, posteriormente fue consignado en la Colección Española de Cultivos Tipo (CECT). BF, PI, RS y VD fueron suministrados por la CECT.

3.3. ACTIVIDAD ANTIFÚNGICA DE LOS HONGOS

3.3.1. Ensayos “*in vitro*” de la actividad antifúngica del extracto de *Aloe vera*

El primer paso para realizar los ensayos “*in vitro*” es la preparación del medio de *Aloe vera*. Para ello se emplearon matraces de 500 mL, a los que se les incorporó PDA (Patata Dextrosa Agar), Tween 20 y agua y el extracto de *Aloe vera*, este último fue añadido después de esterilizar el medio PDA/Tween 20 (0,1%) y agua. Dicho medio de PDA/Tween fue esterilizado en Autoclave, durante 15 minutos a una temperatura de 118°C. Una vez finalizado el proceso de esterilización se dejó enfriar hasta una temperatura de 45-50°C. Para obtener las concentraciones de 100 mL/L y 200 mL/L se emplearon 19,50 g de PDA. Para la concentración de 100 mL/L se emplearon 450 mL de agua y 50 mL del extracto de *Aloe vera* y para la de 200mL/L se emplearon 400 mL de agua y 100 mL del extracto. El extracto de *Aloe vera* fue añadido en cabina de flujo laminar. Tras añadir el extracto al medio de PDA/Tween y agua se homogeneizó la mezcla en un orbital a 170 rpm durante 8 minutos. Una vez homogeneizado el medio fue añadido a las placas Petri. Se emplearon dos tamaños de placa diferentes, una más pequeña, de 90x15 mm y una de mayor tamaño de 150x15 mm.

Estas placas preparadas se dejaron enfriar a temperatura ambiente en el laboratorio. Después se procedió a la siembra de los hongos.

Los hongos fueron sembrados en forma de explantes discoidales de 8 mm de diámetro y fueron extraídos mediante un sacabocados de una placa de Petri que había sido sembrada con el hongo previamente de 7 días de antigüedad. Concretamente se extrajeron de la zona periférica de la colonia del hongo y fueron depositados en las placas con el medio de *Aloe vera*. La experiencia se incubó en una estufa a una temperatura de 25°C, durante 7 días. El día posterior a la siembra se dio la vuelta a las placas. En la Figura 12 se observa el detalle de los explantes discoidales.



Figura 12. Detalle de los explantes realizados en *Botryotinia fuckeliana*.
Autora: Ortiz Cubells, B.

3.3.2. Cálculo de la velocidad de crecimiento

La evaluación de crecimiento micelial se realizó mediante la toma de medidas de dos diámetros perpendiculares de las colonias desarrolladas, cada 24 h durante 7 días. Con los datos obtenidos se calculó la velocidad de crecimiento. Se realizaron 10 repeticiones por tratamiento. Los valores obtenidos fueron contrastados con los medidos en las colonias de las placas de Petri control, que contenían únicamente el medio de PDA/Tween y el hongo en cuestión.

3.3.3. Cálculo de la inhibición del crecimiento micelial (MGI)

La inhibición del crecimiento micelial se calculó con las medidas tomadas a día 7, utilizando la fórmula que se describe a continuación (Alburquerque *et al.*, 2006)

$$\text{MGI} = [(DC - DO)/DC] * 100$$

En la que,

- DC: es la media aritmética del diámetro de las colonias en las placas no tratadas con extracto de gel de *Aloe vera*, denominadas placas control, medido a día 7 desde la siembra en mm.
- DO: es la media aritmética del diámetro de las colonias en las placas tratadas con el extracto de gel de *Aloe vera* medido a día 7 desde la siembra en mm.

3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los resultados del crecimiento micelial de los hongos probados fueron sometidos al análisis de la varianza (ANOVA). Se representaron los intervalos HSD Tukey de comparación de medias con valores de significación de $P \leq 0,05$. El programa estadístico utilizado fue Statgraphics Centurion XVI.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS “*in vitro*” DE LA ACTIVIDAD ANTIFÚNGICA DEL EXTRACTO DE *Aloe vera*

En la Tabla 8 y las Figuras 13 y 14 se muestran los datos de la velocidad de crecimiento (mm/día) y el porcentaje de inhibición del crecimiento miceliar (MGI) de *Rhizoctonia solani*, *Curvularia hawaiiensis*, *Botryotinia fuckeliana*, *Penicillium italicum*, y *Verticillium dahliae* cuando se aplica la dosis de 200 mL/L de extracto de *Aloe vera* en el medio de cultivo.

En las Figuras 1 y 2 del ANEXO se muestra una representación gráfica de la velocidad de crecimiento de los hongos *Curvularia hawaiiensis* y *Penicillium italicum*. Se muestran los datos de crecimiento de la placa control frente a la placa tratada a la dosis de 200 mL/L. Y en las Tablas 1 y 2 del ANEXO se muestran las imágenes de estos dos hongos tomadas a día 7.

Tabla 8. Velocidad de crecimiento (mm/día) y porcentaje de inhibición del crecimiento miceliar (MGI) para cada especie en el medio de cultivo PDA con extracto de *Aloe vera* a la dosis de 200 mL/L.

Especies	Velocidad Crecimiento		MGI		
	Control (R ²)	Aloe-200 (R ²)	Control ^a ± SD	Aloe 200 ^b ± SD	% Inhibición
<i>R. solani</i>	10.45 (0.999)	5.69 (0.996)	137.20 ± 1.476	68.40 ± 1.350	50.15
<i>C. hawaiiensis</i>	3.21 (0.988)	2.60 (0.992)	47.30 ± 0.823	33.70 ± 1.160	28.75
<i>B. fuckeliana</i>	6.63 (0.997)	3.49 (0.986)	88.50 ± 1.075	43.70 ± 1.841	50.62
<i>P. italicum</i>	2.43 (0.984)	1.85 (0.957)	31.90 ± 0.738	22.80 ± 2.348	28.53
<i>V. dahliae</i>	2.12 (0.991)	0.00 (0.000)	26.30 ± 0.823	0.00 ± 0.00	100

SD: error estándar.

a: crecimiento medio (mm) del diámetro de la colonia Control al 7º día.

b: crecimiento medio (mm) del diámetro de la colonia tratada a 200 mL/L al 7º día.

En primer lugar, se observa que la velocidad de crecimiento en todos los casos es superior en el control, si bien esta diferencia es pequeña en el caso de los hongos *Curvularia hawaiiensis* y *Penicillium italicum*, ninguno de los hongos ensayados ha mostrado mayor crecimiento con la aplicación del extracto de *Aloe vera* (Figura 13).

El mejor resultado se muestra para *Verticillium dahliae*, en este caso, la dosis utilizada, 200 mL/L, inhibió completamente el crecimiento del hongo. El porcentaje de inhibición (MGI) es del 100% (Figura 14). La velocidad de crecimiento del control es de 2.12 mm/día y de 0.00 mm/día para el hongo tratado.

Para el hongo *Botryotinia fuckeliana* se muestra que la velocidad de crecimiento de su control es de 6.63 mm/día, mientras que en el hongo con el extracto de *Aloe vera* la velocidad es de 3.49 mm/día. El porcentaje de inhibición del crecimiento miceliar (MGI) para dicho hongo es del 50.62% a día 7.

De manera similar ocurre en el caso de *Rhizoctonia solani* en el que se observa una importante reducción en la velocidad de crecimiento, en el caso del control la velocidad es de 10.45 mm/día y en el hongo tratado es de 5.69 mm/día. El porcentaje de inhibición de crecimiento miceliar es del 50.15% al día 7.

En *Curvularia hawaiiensis* y *Penicillium italicum* también se reduce la velocidad de crecimiento, pero en menor medida (Figura 13). Sus porcentajes de inhibición del crecimiento miceliar son del 28.75% y 28.53%, respectivamente.

Como consecuencia de los resultados obtenidos se decide realizar un segundo ensayo. En dicho ensayo se emplean los hongos que han presentado un porcentaje de inhibición del crecimiento miceliar superior al 50% a la dosis de 200 mL/L (Figura 14), que son *Verticillium dahliae*, *Botryotinia fuckeliana* y *Rhizoctonia solani*. El ensayo consistió en reducir la dosis de 200 mL/L a 100 mL/L y calcular de nuevo la velocidad de crecimiento bajo estas condiciones y su porcentaje de inhibición del crecimiento miceliar (MGI) al día 7.

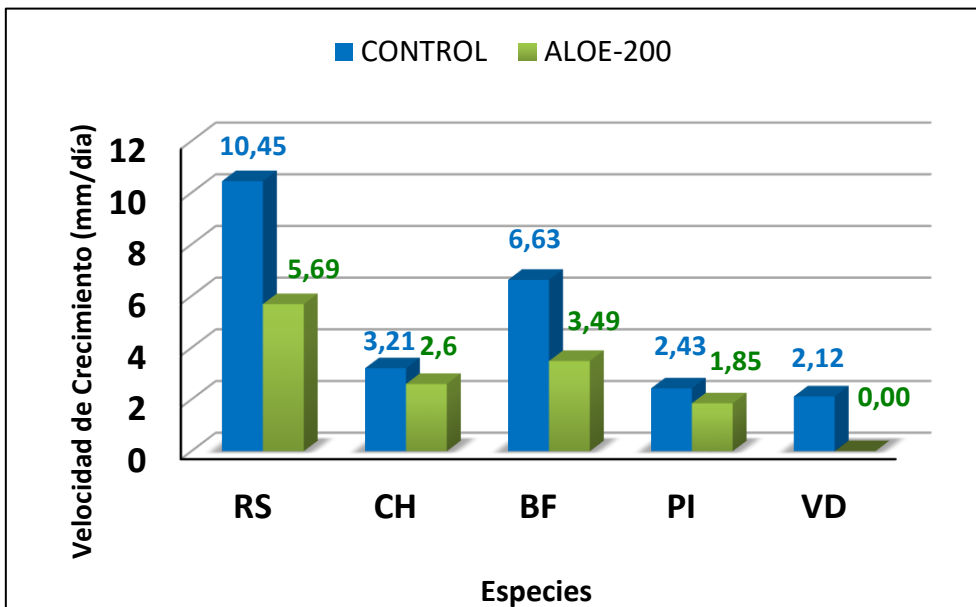


Figura 13. Velocidad de crecimiento (mm/día) de los hongos ensayados a la dosis de 200 ml/L del extracto de Aloe vera (ALOE 200) frente al control. RS (*Rhizoctonia solani*), CH (*Curvularia hawaiiensis*), BF (*Botryotinia fuckeliana*), PI (*Penicillium italicum*) y VD (*Verticillium dahliae*).

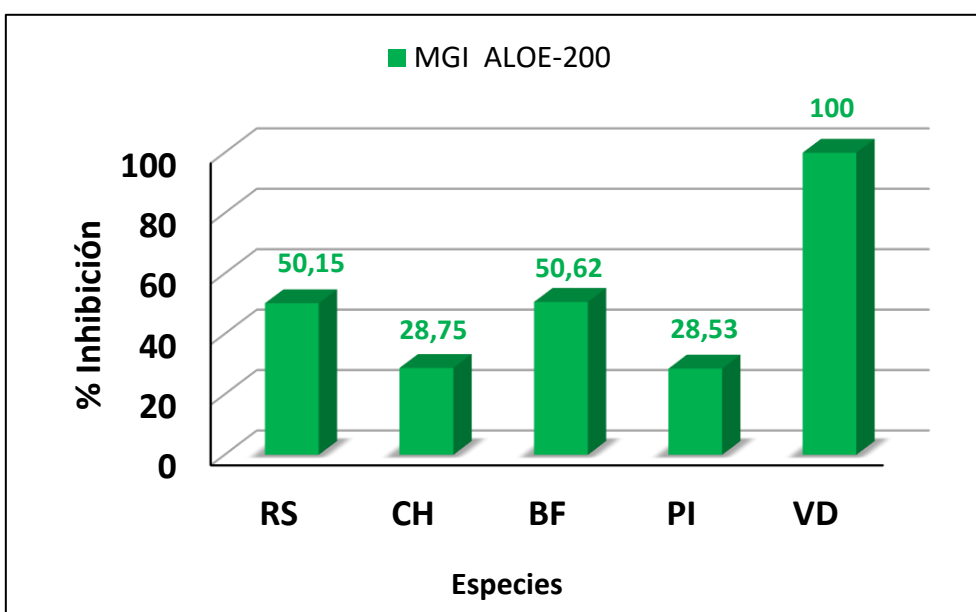


Figura 14. Porcentaje de inhibición del crecimiento miceliar (MGI) de los hongos ensayados a la dosis de 200 mL/L con el extracto de Aloe vera (ALOE 200). RS (*Rhizoctonia solani*), CH (*Curvularia hawaiiensis*), BF (*Botryotinia fuckeliana*), PI (*Penicillium italicum*) y VD (*Verticillium dahliae*)

En la Tabla 9 se muestran los resultados obtenidos al reducir la concentración a 100 mL/L en los hongos que dieron un porcentaje de inhibición micelial mayor al 50% a la dosis de 200 mL/L mencionados anteriormente. Los datos que se muestran indican la velocidad de crecimiento expresada en mm/día y el porcentaje de inhibición micelial (MGI).

Tabla 9. Velocidad de crecimiento (mm/día) y porcentaje de inhibición del crecimiento micelial (MGI) para cada especie en el medio de cultivo PDA con el extracto de *Aloe vera* a la concentración de 100 mL/L a los 7 días de crecimiento.

Especies	Velocidad Crecimiento		MGI		
	Control (R ²)	Aloe -100 (R ²)	Control ^a ± SD	Aloe 100 ^b ± SD	% Inhibición
<i>R. solani</i>	10.45 (0.999)	7.18 (0.996)	137.20 ± 1.476	91.40 ± 0.516	33.38
<i>B. fuckeliana</i>	6.63 (0.997)	3.48 (0.966)	88.50 ± 1.075	43.80 ± 1.889	50.51
<i>V. dahliae</i>	2.12 (0.991)	2.09 (0.984)	26.30 ± 0.823	22.20 ± 0.788	15.59

SD: error estándar

a: crecimiento medio (mm) del diámetro de la colonia Control al 7º día.

b: crecimiento medio (mm) del diámetro de la colonia tratada a 100 mL/L al 7º día.

Al igual que ocurre en la Tabla 8, en la Tabla 9 se observa que, en todos los casos, la velocidad de crecimiento es mayor en el control, incluso a esta dosis más baja el extracto continúa ejerciendo un efecto inhibitorio sobre los hongos ensayados. De la misma manera, ninguno de los hongos ha mostrado un crecimiento mayor con la aplicación del extracto de *Aloe vera*.

En el caso de *Botryotinia fuckeliana* se observa que es indiferente aplicar la dosis de 100 mL/L o la de 200 mL/L, puesto que en ambos casos se obtiene, aproximadamente, el mismo porcentaje de inhibición del crecimiento micelial (MGI) que es del 50% y la misma velocidad de crecimiento.

En el hongo *Verticillium dahliae* la diferencia entre la velocidad de crecimiento del control y del hongo a la dosis de 100 mL/L es mínima. El porcentaje de inhibición se reduce hasta un 15.59% para la dosis de 100 mL/L, mientras que para el caso de 200 mL/L era del 100%, por lo que se deduce que para tratar de controlar el crecimiento de dicho hongo la dosis óptima y mínima a aplicar sería de 200 mL/L.

De manera similar ocurre con *Rhizoctonia solani*, en este caso, la velocidad de crecimiento del hongo a la dosis de 100 mL/L es de 7.18 mm/día, en el control la velocidad es de 10.45 mm/día. El porcentaje de inhibición se reduce al 33.38%, mientras que para la dosis de 200 mL/L superaba el 50%. Para tratar de reducir su crecimiento se debería aplicar la dosis de 200 mL/L o superior.

4.1.1. Estudio sobre la actividad antifúngica del extracto de *Aloe vera* sobre el crecimiento micelial a las diferentes dosis ensayadas. Velocidad de crecimiento.

Rhizoctonia solani

En la Figura 15 se muestra el crecimiento radial expresado en mm de *Rhizoctonia solani* en las distintas dosis ensayadas.

Se observa que el crecimiento del hongo en el medio PDA-RS (control) es superior al crecimiento en los medios ALOE 200-RS y ALOE 100-RS (Tabla 10).

Rhizoctonia solani es un hongo de crecimiento rápido, se observa que la velocidad de crecimiento en la placa PDA-RS es de 10.45 mm/día.

En el medio ALOE 200-RS la velocidad de crecimiento es de 5.7 mm/día, provocando una reducción en la velocidad de crecimiento del 45.46%.

En el medio ALOE 100-RS la velocidad de crecimiento es de 7.2 mm/día, provocando una reducción en la velocidad de crecimiento del 31.10%.

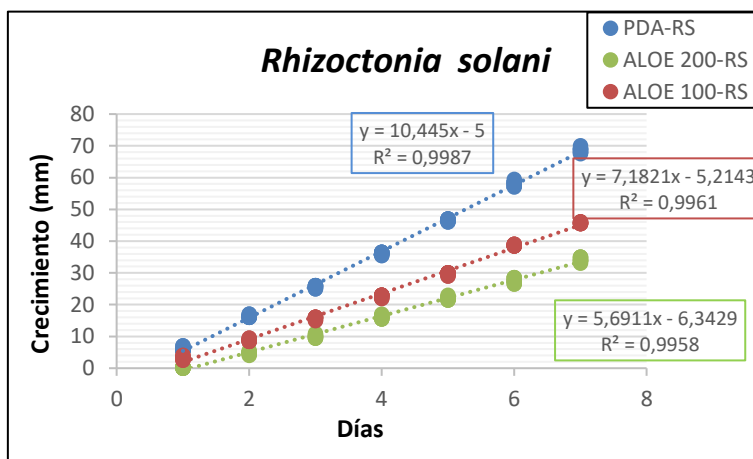





Figura 15. Representación gráfica del crecimiento radial expresado en mm de *Rhizoctonia solani* en los distintos medios ensayados: PDA-RS: control, ALOE 200-RS: 200 mL/L y ALOE 100-RS: 100 mL/L.

Tabla 10. Crecimiento micelial de *Rhizoctonia solani* en los distintos medios ensayados a día 7.

DÍA 7		
PDA-RS(Control)	ALOE 200-RS	ALOE 100-RS
		

En la Tabla 10 se muestran las imágenes del crecimiento de *Rhizoctonia solani* en los distintos medios ensayados, se puede observar una disminución del crecimiento considerable en la placa tratada a la dosis de 200 mL/L, mientras que en control y a 100 mL/L no.

Botryotinia fuckeliana

En la Figura 16 se muestra el crecimiento radial de *Botryotinia fuckeliana* expresado en mm, en los distintos medios ensayados.

El crecimiento del hongo en la placa PDA-BF (control) presenta un crecimiento superior sobre las placas de ALOE 200-BF y ALOE 100-BF (Tabla 11).

En el medio PDA-BF se observa un crecimiento de 6.6 mm/día.

En los medios de ALOE 200-BF y ALOE 100-BF la velocidad de crecimiento es inferior a la que se obtiene en el control, siendo en ambos casos la velocidad igual a 3.5 mm/día, esto provoca una reducción en la velocidad de crecimiento del 46.96%.

Estos resultados indican que la dosis óptima a aplicar para reducir el crecimiento de *Botryotinia fuckeliana* es de 100 ml/L puesto que se obtienen los mismos resultados que al aplicar 200 ml/L.

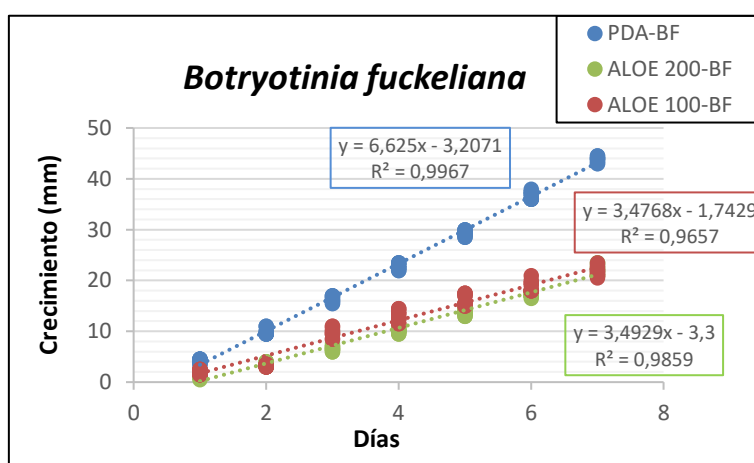


Figura 16. Representación gráfica del crecimiento radial expresado en mm de *Botryotinia fuckeliana* en los distintos medios ensayados: PDA-BF: control, ALOE 200-BF: 200 ml/L y ALOE 100-BF: 100 ml/L.

Tabla 11. Crecimiento micelial de *Botryotinia fuckeliana* en los distintos medios ensayados a día 7.

DÍA 7		
PDA-BF (Control)	ALOE 200-BF	ALOE 100-BF

En la Tabla 11 se muestran las imágenes tomadas a día 7 del crecimiento del hongo *Botryotinia fuckeliana*. Se trata de un hongo de crecimiento rápido. La placa tratada a 200 ml/L y 100 ml/L muestran un crecimiento muy similar, a diferencia del control, en el que el hongo ocupa la totalidad de la placa.

Verticillium dahliae

En la Figura 17 se muestra el crecimiento radial de *Verticillium dahliae* en los distintos medios ensayados.

El hongo en el medio PDA-VD (control) es el que mayor velocidad muestra, presenta una velocidad de crecimiento de 2.12 mm/día, la diferencia entre este y el hongo ensayado a la dosis de 100 ml/L (ALOE 100-VD) es mínima, la de este último es de 2.09 mm/día, lo que solamente reduce la velocidad de crecimiento en un 1.41%.

En el medio de ALOE 200-VD se consiguió inhibir de manera total el crecimiento del hongo.

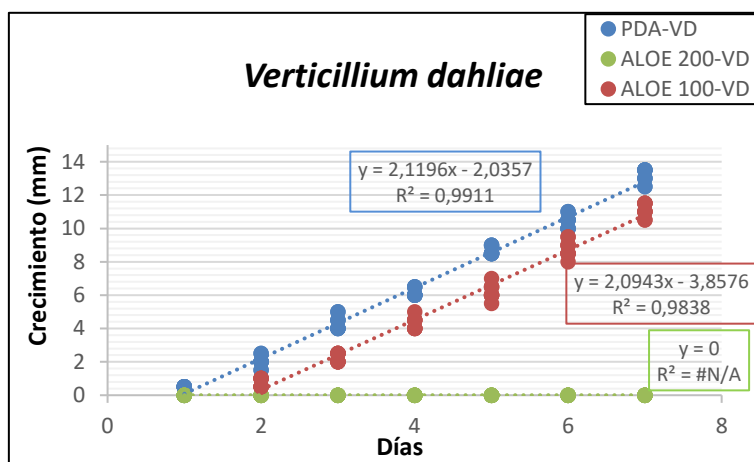





Figura 17. Representación gráfica del crecimiento radial expresado en mm de *Verticillium dahliae* en los distintos medios ensayados: PDA-VD: control, ALOE 200-VD: 200 mL/L y ALOE 100-VD: 100 mL/L.

Tabla 12. Crecimiento miceliar de *Verticillium dahliae* en los distintos medios ensayados a día 7.

DÍA 7		
PDA-VD (Control)	ALOE 200-VD	ALOE 100-VD
		

En las imágenes que se muestran en la Tabla 12 se puede observar el crecimiento de *Verticillium dahliae*. Se trata de un hongo de crecimiento lento. La diferencia más relevante se muestra en el hongo tratado a 200 mL/L (imagen central) puesto que se observa que no hay crecimiento. Entre el control y el tratado a 100 mL/L no se aprecia casi diferencia de crecimiento.

4.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En las Figuras 18, 19 y 20 y en las Tablas 13,14 y 15 se muestran los resultados estadísticos del análisis de la varianza obtenidos para los hongos *Rhizoctonia solani*, *Botryotinia fuckeliana* y *Verticillium dahliae* en las diferentes condiciones ensayadas.

Rhizoctonia solani

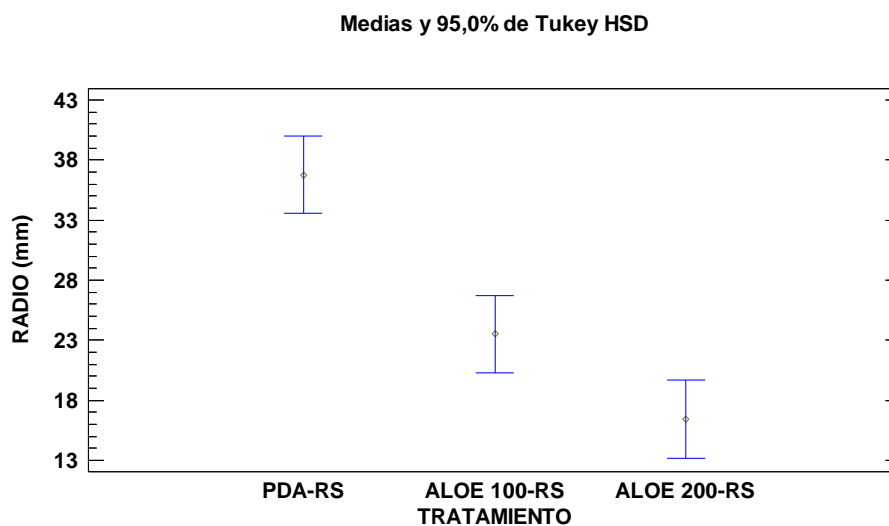


Figura 18. Representación gráfica de los valores medios e intervalos HSD para las dosis ensayadas en *Rhizoctonia solani*.

Tabla 13. Resultados de la prueba de múltiples rangos de *Rhizoctonia solani* a las dosis ensayadas del extracto de Aloe vera.

TRATAMIENTO	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
ALOE 200-RS	70	16,4214	1,93392	X
ALOE 100-RS	70	23,5143	1,93392	X
PDA-RS	70	36,7786	1,93392	X

Método: 95,0 porcentaje LSD

En el caso de *Rhizoctonia solani* se muestran en la Tabla 13 diferencias significativas entre los tres tratamientos.

Botryotinia fuckeliana

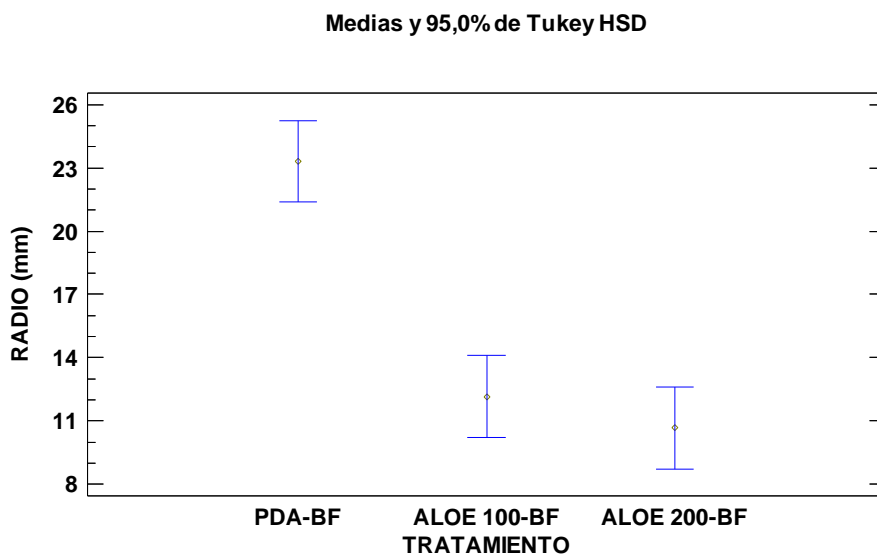


Figura 19. Representación gráfica de los valores medios e intervalos HSD para las dosis ensayadas en *Botryotinia fuckeliana*

Tabla 14. Resultados de la prueba de múltiples rangos de *Botryotinia fuckeliana* a las dosis ensayadas del extracto de *Aloe vera*.

TRATAMIENTO	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
ALOE 200-BF	70	10,6714	1,15409	×
ALOE 100-BF	70	12,1643	1,15409	×
PDA-BF	70	23,2929	1,15409	×

Método: 95,0 porcentaje LSD

En la Tabla 14 se observa que existen diferencias significativas entre el tratamiento PDA-BF (control) y los tratamientos ALOE 100-BF y ALOE 200-BF. Mientras que entre ALOE 100-BF y ALOE 200-BF no se muestran diferencias significativas.

Verticillium dahliae

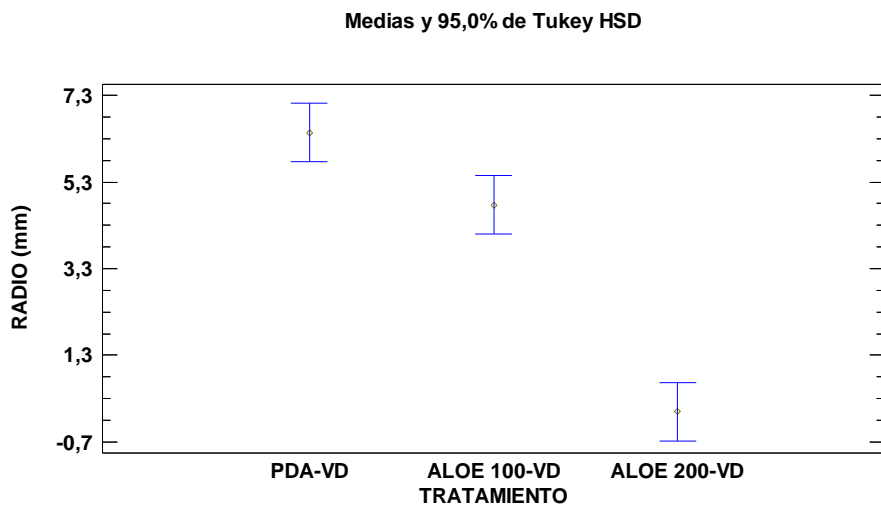


Figura 20. Representación gráfica de los valores medios e intervalos HSD para las dosis ensayadas en Verticillium dahliae

Tabla 15. Resultados de la prueba de múltiples rangos de Verticillium dahliae a las dosis ensayadas del extracto de Aloe vera.

TRATAMIENTO	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
ALOE 200-VD	70	0	0,399716	×
ALOE 100-VD	70	4,77143	0,399716	×
PDA-VD	70	6,44286	0,399716	×

Método: 95,0 porcentaje LSD

Se observa que existen diferencias significativas entre los tres tratamientos ensayados en el hongo (Tabla 15).

4.3. INHIBICIÓN DEL CRECIMIENTO MICELIAR (MGI)

En la Tabla 16 se muestra el diámetro medio del crecimiento a los diferentes tratamientos ensayados, que son control (PDA), 100 mL/L (ALOE-100) y 200 mL/L (ALOE 200) a los 7 días de crecimiento para los hongos *Rhizoctonia solani* (RS), *Botryotinia fuckeliana* (BF) y *Verticillium dahliae* (VD).

Se observa que el hongo que presenta mayor crecimiento en las tres dosis ensayadas es *Rhizoctonia solani* (RS). En el medio PDA alcanzó los 137.20 mm de media, llegando a ocupar casi la totalidad de la placa Petri empleada de 150mm. A la dosis de 100 mL/L el diámetro medio fue de 91.40 mm y a la dosis de 200 mL/L fue de 68.40 mm.

El hongo *Botryotinia fuckeliana* (BF) también tiene una media de crecimiento alta, en la placa control PDA se alcanzó un tamaño medio de 88.50mm de diámetro. Entre las dosis de 100 mL/L y 200 mL/L no se muestra diferencia, a la primera dosis la media de crecimiento es de 43.80 mm y a la segunda es de 43.70 mm.

En el hongo *Verticillium dahliae* (VD) el control PDA tuvo un crecimiento medio de 26.30 mm. A la dosis de 100 mL/L fue de 22.20 mm, mientras que en a la dosis de 200 mL/L no creció, por lo que su crecimiento medio es igual a 0.

Tabla 16. Diámetro medio de los hongos *Rhizoctonia solani* (RS), *Botryotinia fuckeliana* (BF) y *Verticillium dahliae* (VD) en los distintos medios ensayados: PDA (control), ALOE-100 y ALOE-200.

Tratamiento	RS	BF	VF
PDA	137.20	88.50	26.30
ALOE-100	91.40	43.80	22.20
ALOE-200	68.40	43.70	0.00

En la Tabla 17 y en la Figura 21 se muestra el porcentaje de inhibición del crecimiento miceliar de los hongos *Rhizoctonia solani*, *Botryotinia fuckeliana* y *Verticillium dahliae* a las dosis de 100 mL/L y 200 mL/L.

En el caso de *Rhizoctonia solani* sí que existe diferencia entre el MGI a las dos dosis. Si se reduce a la mitad la dosis, el porcentaje de inhibición miceliar se reduce de un 50.15% a un 33.38%.

En *Botryotinia fuckeliana* se observa que la diferencia entre el MGI a la dosis de 100 mL/L y a la de 200 mL/L es mínima. En el primer caso el porcentaje de MGI es de 50.51% y en el segundo es de 50.62%, por lo que sería indiferente la aplicación de cualquiera de las dos dosis. Si bien sería mejor emplear la menor cantidad posible del extracto de *Aloe vera*.

En el caso de *Verticillium dahliae* el porcentaje de MGI a la dosis de 100 mL/L disminuye drásticamente respecto a la dosis de 200 mL/L. En el primer caso es del 15.59% y el segundo del 100% (inhibición total).

Tabla 17. Porcentaje de inhibición del crecimiento micelial (MGI) para cada especie *Rhizoctonia solani* (RS), *Botryotinia fuckeliana* (BF) y *Verticillium dahliae* (VD) a las dosis de 100 mL/L y 200 mL/L a los 7 días de crecimiento.

MGI (%)	RS	BF	VD
ALOE-100	33.38	50.51	15.59
ALOE-200	50.15	50.62	100

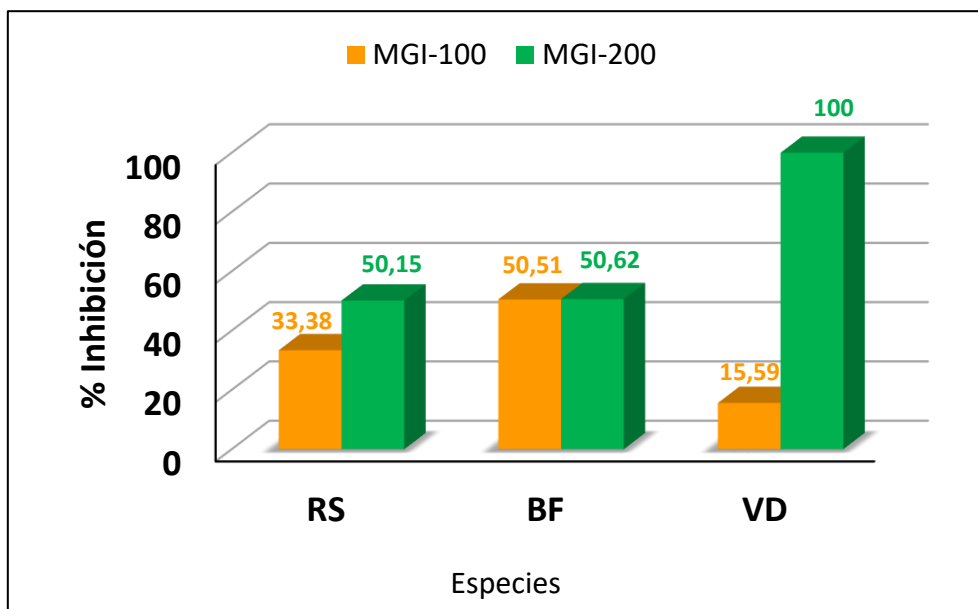


Figura 21. Porcentaje de inhibición del crecimiento micelial (MGI) de los hongos ensayados, *Rhizoctonia solani* (RS), *Botryotinia fuckeliana* (BF) y *Verticillium dahliae* (VD) a las dosis de 100 mL/L y 200 mL/L.

4.4. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en los diferentes ensayos realizados muestran que el extracto de *Aloe vera* podría emplearse como tratamiento para inhibir el crecimiento de algunos hongos. Los compuestos químicos responsables de la actividad antifúngica de *Aloe vera* no se conocen con exactitud, aunque se ha puesto de manifiesto que algunas moléculas presentes en varias especies de *Aloe spp*, como aloe-emodina y aloina, tienen actividad antifúngica frente a *Aspergillus sp*, *Fusarium sp* y *Cladosporium sp* (Ali *et al.*, 1999). El compuesto aloe-emodina también se ha aislado de extractos de semillas de *Cassia tora*. y se ha descrito como antifúngico frente a una amplia gama de hongos incluyendo *Botrytis cinerea* (Kim *et al.*, 2004).

Khaing (2011) realizó un ensayo con el extracto de hojas de *Aloe vera* y etanol, en diferentes hongos fitopatógenos como *Rhizoctonia solani* y otros patógenos que afectan al ser humano. En los resultados se muestra que el extracto con etanol presenta actividad antifúngica y antioxidante. Concretamente, el hongo *Rhizoctonia solani* se consiguió controlar por completo, mientras que los patógenos humanos no lograron controlarse. Sin embargo, Mondal *et al.*, (2020) han conseguido reducir hasta un 69% al patógeno humano *Candida albicans*. Por lo que se puede afirmar que el extracto se podría emplear como alternativa a los productos químicos de síntesis contra hongos fitopatógenos y también, al menos en parte, contra patógenos humanos.

Ensayos recientes han demostrado que el extracto de *Aloe vera* puede ser empleado como conservante, para alargar la vida útil de los alimentos. Ortega-Toro *et al.*, (2017), desarrollaron películas comestibles a base de *Aloe vera* que controlan la pérdida de humedad y la aparición de hongos en tomates Cherry. De manera similar, Valverde *et al.*, (2005), desarrollaron la misma clase de películas y consiguieron alargar la vida útil de las uvas hasta 35 días y controlar también la aparición de moho y levadura. Si se recubre el fruto con *Aloe vera* se retrasan los procesos de maduración porque se reduce la tasa de transpiración, la producción de etileno, la pérdida de peso y el ablandamiento.

En el presente trabajo, el extracto de *Aloe vera* mostró un efecto antifúngico muy intenso a la dosis de 200 mL/L frente a *Verticillium dahliae*, con un porcentaje de inhibición del crecimiento micelial (MGI) del 100%. En el caso de *Rhizoctonia solani* a la misma dosis se consigue inhibir el crecimiento micelial al 50%. Y en el caso de *Botryotinia fuckeliana*, al reducir la dosis aplicada a la mitad, es decir, 100mL/L se consigue también una inhibición del 50% del crecimiento micelial, lo que representa un resultado nada despreciable.

Sitara *et al.*, (2011), evaluaron la actividad antifúngica del gel extraído de las hojas de *Aloe vera* a diferentes dosis, consiguieron inhibir el crecimiento micelial de *Curvularia hawaiiensis* (*syn. Drechslera hawaiiensis*), al 100%, empleando una concentración de 350 mL/L. Estos resultados indican que el extracto también podría controlar de manera muy eficaz a *Curvularia hawaiiensis* si se elevara la dosis de aplicación, además, los resultados están en concordancia con los obtenidos en el presente trabajo.

5. CONCLUSIONES

- De los hongos estudiados, *Rhizoctonia solani* y *Botryotinia fuckeliana* son hongos de crecimiento rápido y presentan una velocidad de crecimiento de 10.45 mm/día y 6.63 mm/día, respectivamente. Por el contrario, los hongos *Curvularia hawaiiensis*, *Penicillium italicum* y *Verticillium dahliae* presentan una tasa de crecimiento menor, con una velocidad de crecimiento de 3.21 mm/día, 2.43 mm/día y 2.12 mm/día, respectivamente.
- En todos los hongos tratados “*in vitro*” a la dosis de 200 mL/L, con el extracto de la hoja de *Aloe vera*, la velocidad de crecimiento es menor respecto a la velocidad de crecimiento de los hongos no tratados (control). Es decir, en ninguno de los cinco hongos ensayados se ha favorecido el crecimiento al ser tratado con el extracto de *Aloe*.
- A la dosis de 200 mL/L el extracto de *Aloe* ha mostrado excelentes resultados sobre el hongo *Verticillium dahliae*, inhibiendo por completo su desarrollo, con un MGI del 100%.
- A la dosis de 200 mL/L se muestran resultados nada despreciables para los hongos *Rhizoctonia solani* y *Botryotinia fuckeliana* en los que se ha conseguido un porcentaje de inhibición del crecimiento micelial del 50%.
- Los hongos *Botryotinia fuckeliana*, *Rhizoctonia solani* y *Verticillium dahliae*, se ensayaron también, a la dosis de 100 mL/L. A esta dosis el extracto de *Aloe* continuó mostrando actividad antifúngica, reduciendo la velocidad de crecimiento fúngico en todos los casos, y mostrando un MGI del 50% para *Botryotinia*, 33% para *Rhizoctonia* y 16% sobre *Verticillium*.
- En el caso de *Botryotinia fuckeliana*, tanto la dosis de 200 mL/L como la de 100 mL/L consiguen inhibir su crecimiento micelial al 50%, por lo que se puede concluir, que ambas dosis son igualmente efectivas.
- El extracto de *Aloe vera* podría ser una buena alternativa a los productos químicos de síntesis para controlar la aparición de hongos fitopatógenos y de postcosecha.

6. BIBLIOGRAFÍA

AHLAWAT K. S., KHATKAR B. S. (2011). Processing, food applications and safety of *Aloe vera* products: A review. *Journal of Food Science and Technology*, 48, pp. 525-533.

AKTER, S.; LATIF, M.A.; MIA, A.T.; ANSARI, T.H.; ISLAM, M.T. & RAFII, M.Y. (2013). Efficacy of fungicides against grain spot disease in rice (*Oryza sativa*). *Life Science Journal*, 10 (4): 3005–3008.

ALBÁN MÉNDEZ, A. P. (2015). Identificación, aislamiento, caracterización y evaluación de la capacidad de infección en tubérculos *Rhizoctonia Solani* de suelos paperos de la provincia de Carchi (Bachelor's thesis, Universidad de las Fuerzas Armada ESPE. Carrera de Ingeniería en Biotecnología.).

ALI MIA, SHALABY NMM, ELGAMAL MHA, MOUSA ASM. (1999). Antifungal effects of different plant extracts and their major components of selected *Aloe* species. *Phytotherapy Research*;13(5):401-7.

ALVARADO, M.; ANDÚJAR, M.E.; DURÁN, J.M.; FLORES, R.; MONTES, F.; MORERA, B.; MUÑOZ, C.; ORTEGA, M.G.; PÁEZ, J.L.; ROSA, A.; SÁNCHEZ, A.M.; SERRANO, A. y VEGA, J.M^a. (2008). Plagas y enfermedades de la patata. Ed. Consejería de Agricultura y Pesca. Andalucía.

ANGULO, C., & ERICSON, R. (2014). Efecto de *Trichoderma viride*, *Trichoderma atroviride*/*Trichoderma pseudokoningii* nativas del distrito de Huamachuco sobre *Rhizoctonia solani*.

APG IV: Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. Consultado el 5 de noviembre de 2020. Disponible en: <https://www.gbif.org/es/dataset/fa8ab13c-52ed-4754-b838-aeff74c79718>

BANJARE K, KUMAR M, NANDA HC, KARTHIKEYAN S, LAKPALE R (2014). Advances in herbal prospects processing and food products researches on *Aloe Vera*: a review. *Int J Food Nutr Sci* 3(3):28–34.

BENZIDIA B, BARBOUCHI M, HAMMOUCH H, BELAHBIB N, ZOUARHI M (2018). Chemical composition and antioxidant activity of tannins extract from green rind of *Aloe vera* (L.) Burm. F. *J King Saud Univ Sci* 31(4):1.

CROPSCIENCE B. BLACK SCURF (2020). Bayer Crop Science UK. Consultado 16 de noviembre de 2020. Disponible en: <https://cropscience.bayer.co.uk/threats/diseases/potato-diseases/black-scurf/>

DA CUNHA, K.C.; SUTTON, D.A.; FOTHERGILL, A.W.; GENÉ, J.; CANO, J.; MADRID, H.; DE HOOG, S.; CROUS, P.W. & GUARROA, J. (2013). In vitro antifungal susceptibility and molecular identity of 99 clinical isolates of the opportunistic fungal genus *Curvularia*. *Diagnostic Microbiology and Infectious Disease* 76 (2): 168–174.

DASGUPTA, S.; SAHA, D. & SAHA, A. (2005). Levels of common antigens in determining pathogenicity of *Curvularia eragrostidis* in different tea varieties. *Journal of Applied Microbiology*, 98, 1084-1092.

DIAZ, I.A. & OYAMA, K. (2007). Conservation genetics of an endemic and endangered epiphytic *Laelia speciosa* (Orchidaceae) *American Journal of Botany* 94 (2): 184–193.

- DROBY S, EICK A, MACARISIN D, COHEN L, RAFAEL G, STANGE R, ET AL. (2008).** Role of citrus volatiles in host recognition, germination and growth of *Penicillium digitatum* and *Penicillium italicum*. *Postharvest Biology and Technology* ; 49(3):386-96.
- ELAD, Y.; PERTOT, I.; COTES, A., & STEWART, A. (2016).** Plant Hosts of *Botrytis spp.*
- ESCALONA, Y., RODRÍGUEZ, D., & HERNÁNDEZ, A. (2012).** Estudio de *Rhizoctonia solani* Kühn aislado de papa (*Solanum tuberosum* L.) En los estados Táchira, Mérida, Trujillo y Lara. II. Virulencia y caracterización molecular. *Bioagro*, 24(1).
- ESHUN K, HE Q. (2004).** *Aloe Vera*: A Valuable Ingredient for the Food, Pharmaceutical and Cosmetic Industries—A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44(2):91-6.
- FARETRA, F.; ANTONACCI, E. & POLLASTRO, S. (1988).** Sexual behaviour and mating system of *Botryotinia fuckeliana*, teleomorph of *Botrytis cinerea*. *Journal of General Microbiology*, 134, 2543_2550.
- FERNANDESA CG, SONAWANE SK, S. S. A. (2020).** Cereal based functional beverages: a review. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, (vol. 10):914-9.
- FLORA IBERICA (2013).** Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Consultado en noviembre de 2020. Disponible en: <http://www.floraiberica.es/PHP/cientificos2.php?gen=Aloe&espe=vera&infrank=&infra=&utabre=%28L.%29+Burm.+fil.&familia=Liliaceae>
- FONT QUER P. (2010).** *Plantas medicinales. El Dioscórides renovado*. Península. Peu de la Creu, 08001-Barcelona: Península.
- GAUTAM, A.K.; KANT, M. & THAKUR, Y. (2013).** Isolation of endophytic fungi from *Cannabis sativa* and study their antifungal potential. *Archives of Phytopathology and Plant Protection* 46 (6): 627–635. (6): 627–635.
- GUILLÉN F, DÍAZ-MULA HM, ZAPATA PJ, VALERO D, SERRANO M, CASTILLO S, ET AL. (2013).** *Aloe arborescens* and *Aloe vera* gels as coatings in delaying postharvest ripening in peach and plum fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 83:54-7.
- HAWKSWORTH, D. L. (2001).** The magnitude of fungal diversity: the 1.5 million species estimate revisited. *Mycological Research*, 105, 1422-1432.
- INDEX FUNGORUM (2020).** Consultado 1 de Septiembre de 2020, www.indexfungorum.org.
- JAYABALAN K, KARTHIKEYAN C. (2013).** Optimizations Of Ingredients For Sensory Evaluation Of *Aloe Vera* Jam Preparation Using Response Surface Methodology.
- JENA, S.K. & TAYUNG, K. (2013).** Endophytic fungal communities associated with two ethnomedicinal plants of Similipal Biosphere Reserve, India and their antimicrobial prospective. *Journal of Applied Pharmaceutical Science* 3: 7.
- JOSEPH B, RAJ SJ. (2010).** Pharmacognostic and phytochemical properties of *Aloe vera* linn –an overview. 4(2):5.
- KELLERMAN M, JOUBERT J, ERASMUS A, FOURIE PH. (2016).** The effect of temperature, exposure time and pH on imazalil residue loading and green mould control on citrus through dip application. *Postharvest Biology and Technology*, 121:159-64.

- KHAING TA. (2011).** Evaluation of the Antifungal and Antioxidant Activities of the Leaf Extract of *Aloe vera* (*Aloe barbadensis* Miller). 2011;3.
- KHIRALLA A, MOHAMED I, THOMAS J, MIGNARD B, SPINA R, YAGI S, ET AL. (2015).** A pilot study of antioxidant potential of endophytic fungi from some Sudanese medicinal plants. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 8(9):701-4.
- KHIRALLA A, MOHAMED IE, TZANOVA T, SCHOHN H, SLEZACK-DESCHAUMES S, HEHN A, et al. (2016).** Endophytic fungi associated with Sudanese medicinal plants show cytotoxic and antibiotic potential. *FEMS Microbiol Lett*, 363(11). Disponible en: <https://academic.oup.com/femsle/article/363/11/fnw089/2197666>
- KIM Y-M, LEE C-H, KIM H-G, LEE H-S. (2004).** Anthraquinones Isolated from *Cassia tora* (Leguminosae) Seed Show an Antifungal Property against Phytopathogenic Fungi. *J Agric Food Chem*, 52(20):6096-100.
- KIRK, P.M.; CANNON, P.F.; DAVID, J.C. & STALPERS, J.A. (2001).** Dictionary of the Fungi. 9th edn. Wallingford, UK: CAB International.
- LAWLOR P. G., LYNCH P. B. (2005).** Mycotoxin management. *African Farm Food Process*, 46, pp. 12-13.
- LÁZARO-DZUL M.O. DR., QUEZADA-SALINAS A. DR., GARCÍA-AVILA C. J. (2008).** Ficha Técnica marchitez por *Verticillium*. *Verticillium dahliae* Klebahn.
- LI, J.T.; FU, J.F.; YAN, X.R.; LI, H.C. & ZHOU, R.J. (2006).** Analysis of temporal dynamics of *Curvularia* leaf spot of maize (*Curvularia lunata*) epidemic and yield loss. *Journal of Shenyang Agricultural University* 37 (6): 835
- MANAMGODA, D.S.; CAI, L.; BAHKALI, A.H.; CHUKEATIROTE, E. & HYDE, K.D. (2011).** *Cochliobolus*: an overview and current status of species. *Fungal Diversity*, 51: 3–42.
- MANAMGODA, D.S.; CAI, L.; MCKENZIE, E.H.C.; CROUS, P.W.; MADRID, H.; CHUKEATIROTE, E.; SHIVAS, R.G.; TAN, Y.P. & HYDE, K.D. (2012a).** A phylogenetic and taxonomic re-evaluation of the *Bipolaris–Cochliobolus–Curvularia* complex. *Fungal Diversity*, 56: 131–144.
- MANAMGODA, D.S.; CAI, L.; MCKENZIE, E.H.C.; CHUKEATIROTE, E. & HYDE, K.D. (2012b).** Two new *Curvularia* species from northern Thailand. *Sydowia* 64 (2): 255–266.
- MANAMGODA, D.S.; ROSSMAN, A.Y.; CASTLEBURY, L.A.; CHUKEATIROTE, E. & HYDE, K.D. (2015).** A taxonomic and phylogenetic re-appraisal of the genus *Curvularia* (Pleosporaceae): human and plant pathogens. *Phytotaxa* 212:173-19.
- MANVITHA K., BIDYA B. (2014).** *Aloe vera*: A wonder plant its history, cultivation and medicinal uses. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 2 (5), pp. 85-88
- MARIN-FELIX Y. (2017).** New species and records of *Bipolaris* and *Curvularia* from Thailand. *Mycosphere*, 8(9):1556-74.
- MARTÍNEZ-ROMERO D, ALBURQUERQUE N, VALVERDE JM, GUILLÉN F, CASTILLO S, VALERO D, et al. (2006).** Postharvest sweet cherry quality and safety maintenance by *Aloe vera* treatment: A new edible coating. *Postharvest Biology and Technology*, 39(1):93-100.

- MONDAL MDIH, SAHA J, RAHMAN MDA.** Functional Applications of Aloe vera on Textiles: A Review. *Journal of Polymers and the Environment*. Octubre de 2020; Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10924-020-01931-4>
- MORENO A, LÓPEZ MY, JIMÉNEZ L. (2012).** *Aloe vera (sábila): cultivo y utilización*. 1ª edición. Ediciones mundi-prensa. Madrid.
- MUKHERJEE, A.; BANDHYOPADHYAY, A. & DUTTA, S. (2013).** New report of leaf spot disease of *Clerodendrum indicum* caused by *Curvularia lunata*. *International Journal of Pharma & Bio Sciences*, 3 (4): 659–668.
- ORTEGA-TORO R, COLLAZO-BIGLIARDI S, ROSELLÓ J, SANTAMARINA P, CHIRALT A. (2017).** Antifungal starch-based edible films containing *Aloe vera*. *Food Hydrocolloids*, 72:1-10.
- PAL S., SAHRAWAT A., PRAKASH D. (2013).** *Aloe vera*: Composition, processing and medicinal properties. *Current Discovery*, 2, pp. 106-122
- PITT, J. I., & HOCKING, A. D. (2009).** *Fungi and food spoilage* (Vol. 519). New York: Springer.
- REVANKAR, S.G. & SUTTON, D.A. (2010).** Melanized fungi in human disease. *Clinical Microbiology Reviews*, 23 (4): 884–928.
- SACCÙ D, BOGONI P, PROCIDA G (2001).** *Aloe* exudate: characterization by reversed phase HPLC and headspace GC-MS. *J Agric Food Chem* 49(10):4526–4530
- SAMSON RA, ELLEN S. HOEKSTRA ES, FRISVAD JC, FILTENBORG O (2000).** *Introduction to food- and airborne fungi*. Sixth edition. CBS.
- SÁNCHEZ-MACHADO DI, LÓPEZ-CERVANTES J, SENDÓN R, SANCHES-SILVA A. (2017).** *Aloe vera*: Ancient knowledge with new frontiers. *Trends in Food Science & Technology*, 61:94-102.
- SANTAMARINA P., M, ROSELLÓ J. (2006).** Influence of temperature and water activity on the antagonism of *Trichoderma harzianum* to *Verticillium* and *Rhizoctonia*. *Crop Protection*, 25(10):1130-4.
- SCOTT, E.M. & CARTER, R.T. (2014).** Canine keratomycosis in 11 dogs: A case series (2000–2011). *Journal of the American Animal Hospital Association*, 50 (2): 112–118.
- SEPULCRE F, BENÍTEZ S, ACHAERANDIO I, PUJOL M (2015).** *Aloe vera* as an alternative to traditional edible coatings used in fresh- cut fruits: a case of study with kiwifruit slices. *LWT Food Sci Technol* 61:184–193. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.11.036>
- SHAHREZAE M, SOLEIMANIAN-ZAD S, SOLTANIZADEH N, AKBARI-ALAVIJEH S. (2018).** Use of *Aloe vera* gel powder to enhance the shelf life of chicken nugget during refrigeration storage. *LWT*, 95:380-6.
- SITARA U, HASSAN N, NASEEM J. (2011).** Antifungal activity of *Aloe vera* gel against plant pathogenic fungi. Disponible en: /paper/ANTIFUNGAL-ACTIVITY-OF-ALOE-VERA-GEL-AGAINST-PLANT-Sitara-Hassan/3d58da3986690d16a7a8b8e5d8a81c81a07f7087
- SIVANESAN, A. (1987).** Graminicolous species of *Bipolaris*, *Curvularia*, *Drechslera*, *Exsorohilum* and their teleomorphs. *Mycological Papers*, 158: 1-261.

SONAWANE SK, GOKHALE JS, MULLA MZ, KANDU VR, PATIL S. (2020). A comprehensive overview of functional and rheological properties of aloe vera and its application in foods. *J Food Sci Technol*. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04661-6>

TADYCH, M.; BERGEN, M.; JOHNSON, J.C.; POLASHOCK, J. & VORSA, N. (2012). Endophytic and pathogenic fungi of developing cranberry ovaries from flower to mature fruit: diversity and succession. *Fungal Diversity*, 54: 101–116.

TIAN, L., YU, J., WANG, Y., & TIAN, C. (2017). The C2H2 transcription factor VdMsn2 controls hyphal growth, microsclerotia formation, and virulence of *Verticillium dahliae*. *Fungal Biology*, 121(12), 1001-1010.

TOLEDO, J. M.; VERA, R. R.; LASCANO, C. E. & LENNÉ, J. M. (1990). *Andropogon gayanus* Kunth: a grass for tropical acid soils. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).

VALVERDE JM, VALERO D, MARTÍNEZ-ROMERO D, GUILLÉN F, CASTILLO S, SERRANO M. NOVEL. (2005). Edible Coating Based on *Aloe vera* Gel To Maintain Table Grape Quality and Safety. *J Agric Food Chem*, 53(20):7807-13.

VÁZQUEZ JR. (2014). *Penicillium italicum* Wehmer 1894 - 15294 - Biodiversidad Virtual / Hongos y Líquenes. Biodiversidad Virtual Hongos y Líquenes. Disponible en: <https://www.biodiversidadvirtual.org/hongos/Penicillium-italicum-Wehmer-1894-img15294.html>

VEGA G A, AMPUERO C N, DÍAZ N L, LEMUS M R. (2005). El *Aloe vera* (*Aloe barbadensis miller*) como componente de alimentos funcionales. *Revista chilena de nutrición*, 32(3):208-14.

VERMEIRE, S.E.; DE JONGE, H.; LAGROU, K. & KUYPERS, D.R. (2010). Cutaneous phaeohyphomycosis in renal allograft recipients: report of two cases and review of the literature. *Diagnostic Microbiology and Infectious Disease* 68: 177–180.

YAGO, J. I.; ROH, J. H.; BAE, S. D.; YOON, Y. N.; KIM, H. J. & NAM, M. H. (2011). The effect of seed-borne mycoflora from sorghum and foxtail millet seeds on germination and disease transmission. *Mycobiology*, 39, 206-218.