

CIENCIA DE LAS PLANTAS

Fitopatógenos fúngicos asociados a semillas de moringa en el estado Monagas, Venezuela

Fungal phytopathogens associated with moringa seeds in Monagas state, Venezuela

Guillermo Sabu Romero-Marcano¹, Ramón Silva-Acuña² y María Claudia Sánchez-Cuevas³

¹ MSc. Producción Vegetal, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7324-4354/> guillermo.ro80@gmail.com

² PhD Fitopatología, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1235-9283/> drramonsilvaa@gmail.com

³ PhD Fitopatología, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0911-9430/> sanchescuevasmc@gmail.com

Universidad de Oriente, Venezuela / Autor para correspondencia: guillermo.ro80@gmail.com



RESUMEN

Con el objetivo de identificar hongos asociados a semillas de moringa en el estado Monagas, Venezuela, se condujo esta investigación con material obtenido de cuatro localidades, Caicara de Maturín, municipio Cedeño y bancos de semilla de los sectores Las Avenidas, Brisas del Aeropuerto y Terrenos de Guarapiche, del municipio Maturín. Por procedencia, las semillas fueron caracterizadas en aspectos físicos e intrínsecos y seleccionadas aleatoriamente para diagnóstico 250 unidades; 125 sembradas directamente en cámaras húmedas, sin desinfección, en cápsulas de Petri con papel absorbente, humedecido con agua destilada estéril y 125 desinfectadas en solución al 10 % v/v de hipoclorito de sodio 3.5 % durante dos minutos, ambos grupos de semillas, incubadas en cámaras bajo condiciones de laboratorio. Se empleó el diseño en bloques al azar con arreglo factorial 4 x 2, con cinco repeticiones y cinco cápsulas por unidad experimental. Se cuantificó la frecuencia de aparición de cada colonia fúngica y el porcentaje de germinación de las semillas, a los 5, 10 y 15 días luego de la siembra. Los resultados fueron analizados e interpretados por estadística no paramétrica. Se detectó *Aspergillus* sp., *Rhizopus* sp., *Fusarium* sp., *Penicillium* sp., *Monilia* sp. y *Trichoderma* sp., siendo *Aspergillus* sp., el aislamiento fúngico más frecuente. Semillas recién cosechadas presentaron con más frecuencia *Fusarium*; mientras que en semillas almacenadas se observó los géneros *Aspergillus*, *Rhizopus* y *Penicillium*. *Aspergillus* y *Rhizopus* causaron niveles de infestación del 100 % en semillas sin ningún poder germinativo. *Trichoderma* sp., solo se detectó en el tratamiento sin desinfección de las semillas, con bajo porcentaje de detección.

Palabras clave: árbol de ben, *Blotter test*, detección, hongos asociados.

ABSTRACT

With the objective of identifying fungi associated with moringa seeds in the state of Monagas, this research was conducted with material obtained from four localities, Caicara de Maturín, Cedeño municipality and seed banks from the Las Avenidas, Brisas del Aeropuerto and Terrenos de Guarapiche, in the Maturín municipality. By origin, the seeds were characterized in physical and intrinsic aspects and 250 units were randomly selected for diagnosis; 125 sown directly in humid chambers, without disinfection, in Petri dishes with absorbent paper, moistened with sterile distilled water and 125 disinfected in a 10 % v/v solution of sodium hypochlorite 3.5 % for 2 minutes, both groups of seeds, incubated in chambers under laboratory conditions. A randomized block design with a 4 x 2 factorial arrangement was used, with five repetitions and five capsules per experimental unit. The frequency of appearance of each fungal colony and the percentage of seed germination at 5, 10 and 15 days after sowing were quantified. The results were analyzed and interpreted by non-parametric statistics. *Aspergillus* sp. was detected *Rhizopus* sp., *Fusarium* sp., *Penicillium* sp., *Monilia* sp. and *Trichoderma* sp., being *Aspergillus* sp., the most frequent fungal isolate. Recently harvested seeds presented more frequently *Fusarium*; while in stored seeds the genera *Aspergillus*, *Rhizopus* and *Penicillium* were observed. *Aspergillus* and *Rhizopus* caused 100 % infestation levels in seeds without any germination power. *Trichoderma* sp., was only detected in the treatment without seed disinfection, with a low percentage of detection.

Key words: Ben tree, *blotter test*, detection, associated fungi.

Recibido: 24 de junio 2022

Aceptado: 20 de octubre del 2022



Copyright 2022. Universidad Nacional Agraria (UNA).

Los artículos de la revista La Calera de la Universidad Nacional Agraria, Nicaragua, se comparten bajo términos de la licencia Creative Commons: Reconocimiento, No Comercial, Compartir Igual. Las autorizaciones adicionales a las aquí delimitadas se pueden obtener en el correo edgardo.jimenez@ci.una.edu.ni

CIENCIA DE LAS PLANTAS

Los hongos son microorganismos productores de esporas, generalmente microscópicos, eucarióticos, ramificados y a menudo filamentosos, carecen de clorofila y tienen paredes celulares que contienen quitina, celulosa, o ambos componentes. La mayoría de las 100 000 especies de hongos conocidas son estrictamente saprófitas y viven sobre materia orgánica en descomposición. Alrededor de 50 especies de hongos producen enfermedades en el hombre 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 8 000 especies de hongos producen enfermedades en las plantas (Agrios, 2005).

Todas las plantas son atacadas por algún tipo de hongo que perjudican a uno o más tipos de plantas. Algunos hongos crecen y se reproducen sólo 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 cierta etapa de su ciclo de vida, y pueden concluir desarrollándose en materia orgánica descompuesta o bien pueden crecer y reproducirse tanto en materia orgánica como en plantas vivas, siendo éstos conocidos como parásitos no obligados (Urbina, 2019).

Los efectos que producen los hongos en las plantas pueden ser de tipo local, cuando afectan una porción pequeña del tejido, o general si causan daño completo a toda la planta, lo que depende del tipo de planta que parasiten; sin embargo, en una misma planta pueden producir primero un efecto local y luego uno generalizado. El daño producido por los hongos es principalmente la muerte del tejido —necrosis— que infectan. También pueden producir atrofia completa de la planta o de algunas de sus partes y en otros casos pueden causar crecimiento excesivo —hipertrofia—. Además, los hongos que afectan la raíz, o bien el sistema vascular de la planta, tienden a producir clorosis en la planta y marchitez (García, 2004).

Según el International Seed Testing Association (ISTA, 2003), los daños más comunes provocados por hongos en las semillas son: aborto, reducción del tamaño, podredumbres, esclerotización, necrosis, decoloración, reducción de la viabilidad y pérdida de germinación. Una amplia gama de hongos han sido caracterizados como causantes del deterioro patológico de una variedad de productos agrícolas, siendo los más comunes especies de *Alternaria*, *Botrytis*, *Diplodia*, *Monilinia*, *Penicillium*, *Colletotrichum*, *Phomopsis*, *Fusarium*, *Rhizopus* y *Mucor* [Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA, 2007)]; muchos de ellos, son capaces de producir micotoxinas, son contaminantes de granos y semillas, con incidencia a nivel de campo y/o almacenamiento (Castaño-Zapata, 1994).

En la actualidad, se está comercializando semilla local de moringa, sin conocer el estado fitosanitario de la misma. Esta comercialización obedece a la expansión de las plantaciones de esta especie forrajera, por su atributo de alto valor proteico, en la alimentación animal, muy conveniente para los hatos ganaderos. Poca es la información bibliográfica sobre los patógenos asociados a las semillas de moringa, particularmente en las localidades donde es sembrada en el estado Monagas. En el Himalaya, Mahesha *et al.* (2019) reportaron en semillas de moringa, la presencia de 16 especies de hongos: *Acremonium* sp., *Alternaria alternata*, *Alternaria solani*, *Alternaria tenuissima*, *Aspergillus flavus*, *Cercosporidium* sp., *Cladosporium cladosporioides*, *Cordanapauc iseptata*, *Fusarium roseum*, *Ochroconis* sp., *Physarum* sp., *Spegazzinia* sp., *Stachybotrys chartarum*, *Tetraploa aristate*, *Trichoderma harzianum* y *Verticillium* sp.; en América, específicamente en Cuba, Martínez-De la Parte *et al.* (2013) detectaron 46 especies de 26 géneros fúngicos asociados a lotes importados de semillas de moringa, entre los que destacan *Fusarium*, *Aspergillus* y *Chaetomium*; de modo análogo, en México, Gómez-Martínez *et al.* (2020), identificaron al género *Fusarium* en muestras de semillas y testas de semillas, de dos variedades de moringa.

Varias son las experiencias de aislamiento e identificación de hongos fitopatógenos en semillas, realizadas en especies vegetales de importancia agrícola. En gramíneas, como el arroz (*Oryza sativa*) (Neninger *et al.*, 2003) o especies de pastos —*Brachiaria*, *Panicum* y *Chloris*— (Pazos *et al.*, 2011), los géneros de hongos fitopatógenos con mayor frecuencia de detección en semillas fueron: *Drechslera*, *Colletotrichum*, *Fusarium* y *Curvularia*; mientras que, en semillas de leguminosas, los hongos fitopatógenos de mayor frecuencia fueron: *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Alternaria alternata*, *Fusarium moniliforme*, *Rhizopus nigricans* y *Trichoderma viridae*, presentes en todas las muestras evaluadas (Ghangaokar y Kshirsagar, 2013). Por lo antes expuesto y en consideración a la calidad fitosanitaria de las semillas actualmente empleadas en la instalación de lotes de moringa, el objetivo de esta investigación fue de identificar hongos asociados a semillas de moringa procedentes de los municipios Cedeño y Maturín del estado Monagas, Venezuela.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área del experimento. El ensayo experimental se condujo en las instalaciones de la Clínica Universitaria de Diagnóstico Agrícola —CUDA— perteneciente al Departamento de Ingeniería Agronómica de la Escuela de Ciencias del Agro y del Ambiente. La Clínica, está ubicada en el *Campus* Juanico de la Universidad de Oriente, Núcleo Monagas, Venezuela, entre las coordenadas de 9°45' LN y 63°11' de LW, con altura de 65 metros sobre el nivel del mar (Climate-Data.org, 2020). De los 13 municipios del estado Monagas, solo

CIENCIA DE LAS PLANTAS

se colectaron muestras de semillas en Cedeño y Maturín, por ser los municipios pioneros en el cultivo de moringa a escala comercial, debido a las condiciones edafoclimáticas favorables y la vocación agrícola-ganadera.

Identificación de hongos asociados a semillas de moringa.

El material para la detección de hongos se obtuvo de cuatro localidades del estado Monagas —denominadas procedencias—. Las semillas fueron previamente caracterizadas en aspectos físicos e intrínsecos, descritos en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Procedencias, ubicación del material genético y características de las semillas de moringa, empleadas para la detección de hongos

Procedencias	Ubicación	Características de las semillas
Caicara de Maturín	Banco de semilla artesanal ubicado en el sector “La Tomatera”, parroquia Capital Cedeño, municipio Cedeño	Semilla pequeña (10.06 mm de diámetro ± 0.65 mm de diámetro), color marrón claro, alas blanquecinas. Humedad: 9.39 % ± 0.14 %; peso de 100 semillas: 27.56 g ± 1.33 g; número de semillas.100 g ⁻¹ : 363.42 ± 18.09; germinación estándar: 56.8 % e índice de velocidad de germinación: 2.13. Cosechada en mayo de 2021
Maturín	Banco de semilla artesanal ubicado en el Sector “Las Avenidas”, Ciudad de Maturín, parroquia San Simón	Semilla grande (13.24 mm de diámetro ± 1.14 mm de diámetro), color marrón oscuro, alas blanquecinas. Humedad: 10.64 % ± 0.13 %; peso de 100 semillas: 34.95 g ± 1.17 g; número de semillas.100 ⁻¹ g: 286.31 ± 9.73; germinación estándar: 52.8 % e índice de velocidad de germinación: 2.59. Cosechada en febrero de 2021
Maturín	Banco de semilla artesanal de la Empresa Químicos naturales (Quiminat) ubicada en el sector “Brisas del Aeropuerto”, parroquia Las Cocuizas, municipio Maturín	Semilla mediana (12.14 mm de diámetro ± 1.28 mm de diámetro), color marrón oscuro, alas blanquecinas. Humedad: 11.39 % ± 0.25 %; peso de 100 semillas: 32.56 g ± 2.69 g; número de semillas.100 g ⁻¹ : 308.49 ± 25.73; germinación estándar: 20 % e índice de velocidad de germinación: 0.67. Cosechada en noviembre de 2020
Maturín	Banco de semilla artesanal ubicado en el sector “Los terrenos de Guarapiche”, parroquia Alto de los Godos, municipio Maturín	Semilla mediana (12.48 mm de diámetro ± 0.63 mm de diámetro), color marrón oscuro, alas blanco opaco. Humedad: 12.44 % ± 0.16 %; peso de 100 semillas: 30.82 g ± 0.21 g; número de semillas.100 g ⁻¹ : 324.47 ± 2.19; germinación estándar: 0 % e índice de velocidad de germinación: 0. Cosechada en octubre de 2020

Se recolectaron muestras de 200 g de semilla por procedencia, las cuales fueron almacenadas en condiciones de laboratorio en envases plásticos con sus respectivas tapas, limpios y secos, previamente identificados.

De cada procedencia, se seleccionaron aleatoriamente 250 semillas, de las cuales, 125 fueron sembradas directamente en cámaras húmedas —semilla sin desinfección (SSD)— constituidas por capsulas de Petri acondicionadas con dos hojas de papel absorbente [Toallas Multiusos Absorbo,

Papeles Venezolanos C.A. (PAVECA)] estéril, humedecido con agua destilada estéril. Las otras 125 semillas fueron tratadas —semilla desinfectada (SD)— en solución al 10 % v/v de hipoclorito de sodio 3.5 % —Nevex®— durante dos minutos y posteriormente enjuagadas por tres veces en agua destilada estéril, en lapsos de minuto y medio. Al finalizar el periodo de retiro de los residuos del hipoclorito, las semillas fueron colocadas para secar sobre papel absorbente estéril y seguidamente sembradas en cámaras húmedas constituidas por capsulas de Petri acondicionadas con papel absorbente

—Blotter test— (ISTA, 2003). Las capsulas de Petri fueron mantenidas en condiciones de laboratorio a 27 °C ± 2 °C, durante 15 días, con luminosidad natural de 12 h día⁻¹ aproximadamente.

El experimento se condujo en diseño de bloques al azar con arreglo factorial 4 x 2 siendo el factor A: Procedencia de la semilla (1, 2, 3 y 4) y factor B: condición de siembra (SSD y SD), con cinco réplicas por combinación, cada réplica

CIENCIA DE LAS PLANTAS

representada por cinco cápsulas de Petri, conteniendo cada una cinco semillas de moringa sembradas de forma equidistante.

Las evaluaciones se realizaron a los 5, 10 y 15 días luego de la incubación; se realizaron observaciones con el microscopio estereoscópico de las colonias de hongos presentes por cápsula, las cuales se clasificaron por color y aspecto homogéneo del micelio mediante la metodología descrita por Ortega-Amaro *et al.* (2017). Se cuantificó la frecuencia de aparición de cada tipo de colonia fúngica.

En las capsulas de Petri, las semillas tuvieron numeración permanente, con el objetivo de mantener siempre el mismo orden de lectura y registro de las colonia fúngicas.

De cada colonia fúngica, se realizó aislamientos en medio PDA —papa-dextrosa-agar— marca Hopebio®, —preparado a razón de 42 g L⁻¹ y tratado con tres gotas de ácido láctico por placa— hasta obtener cultivos purificados; posteriormente se realizaron montajes independientes con cinta adhesiva y tinción de azul de metileno (Ortega-Amaro *et al.*, 2017) para observar en microscopio óptico e identificar por géneros según la clave taxonómica de Barnett y Hunter (1998). Adicionalmente, se determinó el porcentaje de germinación, mediante enumeración de las semillas germinadas por placa; se consideraron semillas germinadas aquellas con emisión de radícula de longitud mayor o igual a 5 mm (Luna, 2019).

Las frecuencias relativas (%) obtenidas en germinación, micoinfestación y aparición o ausencia de cada género de hongo, por procedencia y condición de siembra fueron analizadas mediante prueba de asociación Chi Cuadrado (X²). La comparación directa entre condiciones de siembra —SSD y SD— fue realizada por la prueba de Mann Whitney, mientras que la comparación directa entre procedencias fue analizada por la prueba Kruskal Wallis.

El comportamiento de la germinación (%) respecto a cada género fúngico fue analizado de manera independiente por procedencia, mediante análisis de correlación de Spearman. Todos los procedimientos estadísticos, descriptivos e inferenciales, fueron realizados en el programa estadístico INFOSTAT versión 2018 (Di Rienzo *et al.*, 2018).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Géneros fúngicos identificados. De manera general, se detectaron seis géneros de hongos asociados a las semillas de moringa. Se identificaron los géneros: *Fusarium* sp., *Monilia* sp., *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., *Rhizopus* sp. y *Trichoderma* sp. Es de resaltar que en el medio de cultivo, para los aislamientos del género *Fusarium*, se presentaron dos variantes: una de color morado y otra de color rojo; mientras que para el género *Aspergillus*, se presentaron cuatro tipos de coloración de micelio: verde-amarillo, marrón claro, marrón oscuro y negro.

De acuerdo con el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA, 2022), estos seis géneros fúngicos

pueden ser clasificados en tres grupos funcionales: hongos de campo —*Fusarium* y *Trichoderma*—, hongos de almacenamiento —*Aspergillus* y *Penicillium*— y hongos contaminantes genéricos —*Monilia* y *Rhizopus*—, cada uno con origen, hábitat y habito particular.

Fusarium. Es considerado uno de los géneros fúngicos de mayor distribución mundial, con alto potencial patogénico y de diseminación (Nash-Smith, 2007); puede ser localizado en el suelo y/o en tejidos vegetales (Tapia y Amaro, 2014) y habitualmente en semillas (Uribe-Cortés *et al.*, 2020). Algunas especies de este género están asociadas a síntomas de enfermedades en moringa: *Fusarium solani* está asociada con la presencia de manchas y clorosis de hojas; de modo similar, con manchas y necrosis de tallos, marchitez y muerte de plántulas. De manera análoga, *Fusarium semitectum* está vinculado con la pudrición del fruto (Lezcano *et al.*, 2014; Vaillant *et al.*, 2015).

Trichoderma. Este género de hongos presenta crecimiento acelerado, alta adaptabilidad a condiciones ecológicas y hábito saprófito (Zeilinger *et al.*, 2016), de preferencia a espacios con abundante materia orgánica (Sandle, 2014). Por su función micoparásita, se emplea para combatir hongos fitopatógenos, con la finalidad de disminuir la infestación natural y brindar protección a las semillas posterior a la siembra (Martínez *et al.*, 2013).

Aspergillus y Penicillium. Son géneros típicos en condiciones de almacenamiento (Mediavilla-Molina *et al.*, 1992), con habilidad para invadir semillas y granos de bajo contenido de humedad, crecer en amplio rango de temperaturas y con pocas excepciones, infectar antes de la cosecha (PROAIN, 2021). Colonizan activamente las semillas, donde causan deterioro y reducción en la germinación, a través de principios enzimáticos y toxinas (Howlett, 2006). El género *Aspergillus* recientemente se vincula a la moringa, como un hongo endófito, localizado a nivel de tallo (Mosquera-Rivera *et al.*, 2020).

Monilia. Representa el estado conidial (asexual) del género *Monilinia* spp. (Tuset *et al.*, 2022), habita mayormente regiones húmedas y ataca principalmente a frutales, siendo agente causal de la podredumbre marrón (Malvárez *et al.*, 2001). Se comporta como un patógeno de heridas, puesto que infecta frutos a partir de lesiones provocadas por insectos y/o roces mecánicos (Zuñiga *et al.*, 2011).

Rhizopus. Género cosmopolita, en su mayoría saprobios —descomponedores—, se alimentan de materia orgánica, siendo pocos, parásitos o patógenos (Lennartsson *et al.*, 2014); las especies fitopatógenas causan pudrición postcosecha

CIENCIA DE LAS PLANTAS

(Velásquez-del Valle *et al.*, 2008), mientras otras —*Rhizopus oryzae*— son útiles en la industria de alimentos, por producir abundante ácido láctico (Londoño-Hernández *et al.*, 2017).

Dinámica fúngica de acuerdo con la condición de siembra.

En la Figura 1, se presentan los valores de frecuencia fúngica y número de colonias.semilla⁻¹ obtenidos en las condiciones de siembra —semilla desinfectada y sin desinfectar—. El análisis estadístico por la prueba de Mann Whitney detectó diferencias significativas a 1 % de probabilidad, en relación con la presencia y diversidad fúngica cuantificada entre ambas condiciones, con superioridad estadística para las semillas de moringa no desinfectadas, respecto a las semillas desinfectadas.

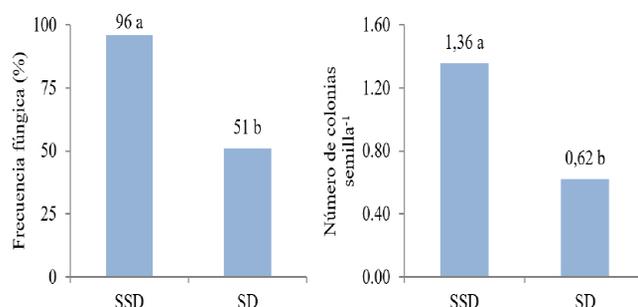


Figura 1. Frecuencia fúngica (%) y número de colonias.semilla⁻¹ en semillas de moringa, sin desinfectar (SSD) y desinfectadas (SD).

SSD: Semillas sin desinfectar; SD: Semillas desinfectadas. Valores promedios seguidos de letras distintas representan diferencias significativas por la prueba de Mann Whitney a 1 % de probabilidad.

La diferencia obtenida a favor de la semilla no desinfectada es debido a que en dicha condición se mantiene intacta la población fúngica ubicada en la parte externa de la semilla, lo que favorece de forma significativa, la presencia y crecimiento de los hongos presentes en el material; mientras que, al desinfectar, se elimina la población fúngica superficial y se limita el crecimiento, solo para los hongos presentes al interior (Márquez *et al.*, 2007). Por ello, la desinfección de semillas, como práctica cultural, es ampliamente recomendada a modo de reducir riesgos de diseminación, además de proteger la semilla durante su conservación (Vélez y Castrillón, 2018).

Aislamientos fúngicos en semillas tratadas o no con hipoclorito de sodio. Las frecuencias relativas (%) de aparición de los géneros fúngicos identificados, en las dos condiciones de siembra y su evolución durante lecturas sucesivas a los 5, 10 y 15 días de evaluación, se muestran en la Figura 2. Dichos comportamientos permiten asociar a los géneros *Fusarium* y *Rhizopus* como hongos infestadores, es decir, localizados mayormente en el exterior de la semilla de moringa —infestada—, mientras que el género *Penicillium* se

ubica más al interior de la semilla —infectada—; el género *Aspergillus* resultó ser el más versátil, al liderar las frecuencias de aparición en ambas condiciones de siembra, con lo cual puede estar presente en la semilla de moringa tanto externa como internamente.

En semillas de moringa sin desinfectar, destacan los géneros *Fusarium*, *Aspergillus* y *Rhizopus*, con porcentajes de aparición superiores a 40 %, mientras que en semillas desinfectadas, los mayores porcentajes corresponden a los géneros *Aspergillus* y *Penicillium* —29.6 % y 22.8 %, respectivamente—. El género *Monilia* mantuvo, en ambas condiciones de siembra, porcentajes de aparición menores a 10 %, mientras el género *Trichoderma*, solo fue detectado en semillas no desinfectadas, con frecuencias menores o iguales a 1.2 %.

Por ser *Fusarium* un hongo de campo, resulta muy factible ubicarlo en su mayoría al exterior de la semilla de moringa, debido a que, en semilla recién cosechada o semilla nueva, el poco tiempo de contacto dificulta al hongo penetrar significativamente el tejido seminal (Warman y Aitken, 2018). En cambio, la mayor presencia de *Penicillium* al interior de la semilla de moringa puede asociarse a lotes de semilla almacenados por tiempo prolongado, donde este tipo de hongo, dispone condiciones ambientales favorables para poblar internamente la semilla (PROAIN, 2021).

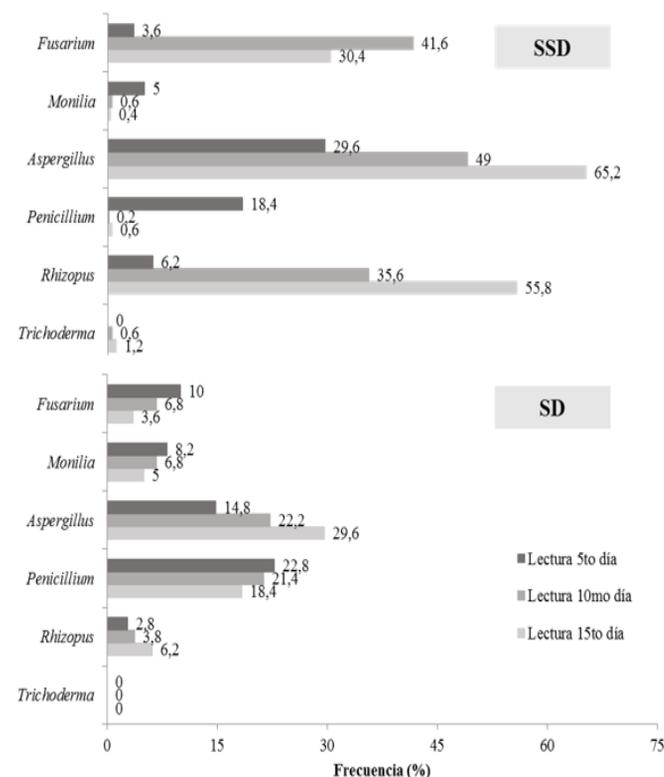


Figura 2. Frecuencia relativa (%) de aparición por género fúngico en semillas de moringa, sin desinfectar (SSD) y desinfectadas (SD). SSD: Semillas sin desinfectar; SD: Semillas desinfectadas.

CIENCIA DE LAS PLANTAS

En cuanto al género *Aspergillus*, debido a su alta proliferación en semillas almacenadas y la existencia de razas que pueden atacar a nivel de campo (Sepúlveda y Piontelli, 2005), es perfectamente justificable la notable participación de este hongo en los lotes de semilla de moringa evaluados.

Los resultados en esta investigación se ratifican con los géneros fúngicos detectados por Martínez-De la Parte *et al.* (2013), de los cuales *Aspergillus* y *Fusarium* fueron los más representativos con 19.07 % y 15.68 %, respectivamente; y con lo reportado por Gómez-Martínez *et al.* (2020) quienes encontraron infestación con *Fusarium* en 70 % de las semillas de moringa muestreadas; sin embargo, también se evidenció la presencia de altas proporciones de *Rhizopus* en las semillas estudiadas de los municipios Maturín y Cedeño del estado Monagas.

Dinámica fúngica entre procedencias

Semillas no desinfectadas. En el Cuadro 2 se presenta el comportamiento de la germinación y la presencia de hongos en semillas de moringa sin desinfectar.

De manera general, se observa que, independiente del poder germinativo de la semilla muestreada en las localidades, se constata infestación por hongos por encima del 92 %; aunque, el número de colonias fúngicas.semilla⁻¹ fue mayor en la semilla sin poder germinativo —Terrenos del Guarapiche—, que también poseía mayor tiempo de almacenamiento —10 meses postcosecha— y de manera similar, presentó el mayor nivel de infestación fúngica por *Aspergillus* y *Rhizopus*.

En las semillas procedentes del municipio Cedeño, La Tomatera, el género *Fusarium* fue más frecuente —88 %—, mientras que, los géneros *Penicillium* y *Trichoderma* estuvieron asociados exclusivamente a semillas procedentes del sector Brisas del Aeropuerto. En orden decreciente, el porcentaje de germinación de las semillas fue de 61.60 % < 36.80 % < 1.60 % < 0 %, y correspondió a las muestras procedentes de la Tomatera, Las Avenidas, Brisas del Aeropuerto y Terrenos del Guarapiche, respectivamente.

Por el análisis de Chi Cuadrado se detectó asociación significativa, a 5 % y 1 % de probabilidad, entre las variables evaluadas en relación a la procedencia de la semilla de moringa; la excepción correspondió a las frecuencias del género *Monilia*, para la cual no hubo efecto significativo. Por otra parte, en la comparación estadística para el número de colonias.semilla⁻¹, también se detectó diferencias significativas entre procedencias. El número de colonias.semilla⁻¹ fue estadísticamente superior en semillas del sector Guarapiche (2.01), mientras que en semillas del municipio Cedeño fue más bajo (1.14). Las semillas procedentes de Las Avenidas y Brisas del Aeropuerto, presentaron diversidad fúngica intermedia, entre 1.58 y 1.59; respectivamente.

La edad postcosecha de la semilla, entre procedencias, determinó considerablemente el comportamiento en germinación y calidad fitosanitaria de las semillas (Ruíz-Pérez *et al.*, 2017); la semilla de la Tomatera de Caicara fue el material cosechado más reciente, presentando los mejores registros de germinación y a su vez la menor carga fúngica. De manera similar, la semilla de la Tomatera, estuvo asociada con mayores infestaciones por *Fusarium*, mientras que la semilla proveniente del sector Guarapiche, habiendo sido almacenada por largo tiempo, perdió completamente su poder germinativo y presentó mayor carga fúngica, asociada a géneros como *Aspergillus* y *Rhizopus*.

Semillas desinfectadas. Los valores de germinación y presencia fúngica en semillas de moringa desinfectadas procedentes de cuatro localidades del estado Monagas, se muestran en el Cuadro 3. El análisis Chi Cuadrado detectó asociación significativa a 1 % de probabilidad entre las variables evaluadas con relación a la procedencia de la semilla, con excepción del género *Trichoderma*, el cual no fue reportado en esta condición de siembra. La comparación para el número de colonias.semilla⁻¹ también detectó diferencia significativa entre procedencias.

En este caso, en semillas de moringa desinfectadas, la procedencia Tomatera de Caicara, nuevamente estuvo

Cuadro 2. Germinación y presencia de hongos en semillas de moringa sin desinfectar (SSD), procedentes de localidades del estado Monagas

Variables	Municipios de procedencia				X ²	
	Cedeño	Maturín	Maturín	Maturín		
	Localidades					
	Tomatera Caicara	Las Avenidas	Brisas del Aeropuerto	Terrenos del Guarapiche		
Germinación (%)	61.60	36.80	1.60	0.00	176.76**	
Mico-infestación (%)	96.00	98.40	92.80	100.00	11.88**	
Colonias fúngicas.semilla ⁻¹	1.14 c	1.58 b	1.59 b	2.01 a	---	
Frecuencia (%) de hongos por género	<i>Fusarium</i> sp.	88.00	0.80	32.00	0.80	299.68**
	<i>Monilia</i> sp.	0.00	1.60	0.00	0.00	6.02 ^{ns}
	<i>Aspergillus</i> sp.	11.20	85.60	64.00	100.00	250.37**
	<i>Penicillium</i> sp.	0.00	0.00	2.40	0.00	9.05*
	<i>Rhizopus</i> sp.	0.00	68.80	54.40	100.00	265.48**
	<i>Trichoderma</i> sp.	0.00	0.00	4.80	0.00	18.22**

X²: Coeficiente Chi-cuadrado (Gl = 3); para la variable colonias fúngicas.semilla⁻¹. Letras distintas representan diferencias significativas entre procedencias, por la prueba de Kruskal Wallis y comparación de suma de rangos.

vinculada con la mayor germinación (55.2 %) y mayor frecuencia del género *Fusarium* (14.40 %), mientras que las procedencias Las Avenidas y Terrenos de Guarapiche, se asociaron a mayor infestación fúngica (68.8 %). La semilla del sector Guarapiche se asoció a mayor frecuencia de los

CIENCIA DE LAS PLANTAS

géneros *Monilia*, *Aspergillus* y *Rhizopus* (13.60 %; 61.40 % y 18.40 %, respectivamente), mientras que las semillas procedentes de Brisas del Aeropuerto estuvieron asociadas a mayor frecuencia del género *Penicillium* (38.40 %).

Respecto a la variable número de colonias fúngicas. semilla⁻¹ nuevamente se obtuvo superioridad para las semillas procedentes del sector Guarapiche (1.01), seguidas de las procedencias Las Avenidas y Brisas del Aeropuerto, correspondiendo a 0.79 y 0.63, respectivamente; mientras que las semillas de moringa obtenidas de la Tomatera Caicara, registró nuevamente, la menor carga fúngica (0.18).

manera directa la germinación; tal comportamiento estadístico infiere que a medida que se incrementa la frecuencia de este fitopatógeno fúngico indistintamente aumenta la germinación de la semilla infestada; sin embargo, toda la literatura revisada indica que, el género *Fusarium*, detectado en semillas, incide severamente sobre la germinación (Borges y Urdaneta, 2010; Álvarez-Orozco *et al.*, 2021). El momento del análisis de las semillas de moringa, está asociado a su condición fitosanitaria y sus características físicas e intrínsecas.

Para el caso de la correlación negativa obtenida entre el género *Aspergillus* y la germinación de las semillas

Cuadro 3. Germinación y presencia de hongos en semillas de moringa desinfectadas (SD), procedentes de localidades del estado Monagas

Variables	Municipios de procedencia				X ²	
	Cedeño	Maturín	Maturín	Maturín		
	Localidades					
	Tomatera Caicara	Las Avenidas	Brisas del aeropuerto	Terrenos de Guarapiche		
Germinación (%)	55.20	30.40	0.80	0.00	155.42**	
Mico-infectación (%)	18.40	68.80	56.00	68.80	85.58**	
Colonias fúngicas.semilla ⁻¹	0.18 c	0.79 ab	0.63 b	1.01 a	---	
Frecuencia (%) de hongos por género	<i>Fusarium</i> sp.	14.40	0.00	0.00	0.00	56.02**
	<i>Monilia</i> sp.	0.00	4.80	1.60	13.60	29.09**
	<i>Aspergillus</i> sp.	4.00	35.20	17.60	61.60	111.26**
	<i>Penicillium</i> sp.	0.00	34.40	38.40	0.80	108.59**
	<i>Rhizopus</i> sp.	0.00	4.80	1.60	18.40	45.22**
	<i>Trichoderma</i> sp.	0.00	0.00	0.00	0.00	---

X²: Coeficiente Chi-cuadrado (gl = 3); Letras distintas representan diferencias significativas entre procedencias, por prueba Kruskal Wallis y comparación de suma de rangos.

Está demostrado que la procedencia influye comparativamente en las características de las semillas, debido a que, la condición agroecológica —suelo-clima-planta—, así como la tecnología aplicada en los procesos pre y postcosecha, raramente coincide entre localidades, lo que tributa fácilmente hacia diferentes situaciones fitosanitarias, sobre todo en cultivos no industrializados (Cavallo *et al.*, 1994; Palmero *et al.*, 2005).

Relación entre la germinación y géneros fúngicos asociados a las semillas. En el análisis de correlación de Spearman por procedencia para las variables germinación y frecuencias (%) de los géneros fúngicos reportados, hubo cuatro correlaciones significativas, tres de ellas en la procedencia Tomatera Caicara y una en la procedencia Las Avenidas. De acuerdo con el análisis, en semillas de moringa sin desinfectar, el género *Fusarium* se correlacionó positivamente con la germinación (rs = 0.37**), mientras que, el género *Aspergillus*, en ambas condiciones de siembra, con y sin desinfección, se correlacionó negativamente con la germinación (rs = -0.35** y -0.23*, respectivamente).

La correlación positiva entre el género *Fusarium* y la germinación en semillas de moringa sin desinfectar, describe que este hongo al localizarse externamente, no afecta de

de moringa, con y sin desinfección, ratifica que este fitopatógeno afecta significativamente la germinación de la semilla (Howlett, 2006); esto indica que, en la medida que se incrementa la frecuencia de *Aspergillus* en las semillas, disminuye el porcentaje de germinación.

CONCLUSIONES

Se detectaron los hongos *Aspergillus* sp., *Rhizopus* sp., *Fusarium* sp., *Penicillium* sp., *Monilia* sp. y *Trichoderma* sp.

El aislamiento fúngico más frecuente detectado en las semillas fue *Aspergillus* sp. y en orden decreciente se ubican *Rhizopus* sp., *Fusarium* sp., *Penicillium* sp., *Monilia* sp. y *Trichoderma* sp.

En semillas recién cosechadas se observó con más frecuencia la presencia de *Fusarium*, mientras que, para semillas con mayor tiempo de almacenamiento se observaron los géneros *Aspergillus*, *Rhizopus* y *Penicillium*.

En semillas sin ningún poder germinativo, los géneros *Aspergillus* y *Rhizopus* alcanzaron niveles de infestación del 100 %.

La detección de *Trichoderma* sp., solo ocurre cuando la semilla no se somete a tratamiento de desinfección y su porcentaje de detección es muy bajo.

CIENCIA DE LAS PLANTAS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrios, G. (2005). *Plant Pathology*. Elsevier Academic Press.
- Álvarez-Orozco, S., Torres-Rodríguez, D., Querales, P., Valera, R., Pacheco-Pacheco, J. y Gavilán, T. (2021). Evaluación del efecto de la presencia de hongos patógenos y metabolitos secundarios sobre la germinación en tres hortalizas de hojas. *Tecnológicas*, 24(50), 189-203. <https://doi.org/10.22430/22565337.1730>
- Barnett, H. & Hunter, B. (1998). *Illustrated Genera of Imperfect Fungi*. The American Phytopathological Society Press.
- Borges, J. y Urdaneta, J. (2010). Efecto de *Fusarium* sp. en la germinación, fenología y supervivencia de plántulas de *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit. *Agronomía Tropical*, 60(2), 155-160. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2010000200004&lng=es&tlng=es
- Castaña-Zapata, J. (1994). *Principios básicos de Fitopatología*. Zamorano Academic Press.
- Cavallo, A., Novo, R. y Robledo, C. (1994). Flora fúngica transportada por semilla de maní (*Arachis hypogaea* L.) en la provincia de Córdoba, Argentina. *AGRISCIENTIA*, 11, 43-48. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/agris/article/download/2438/1385>
- Clima-data.org. (26 de octubre de 2020). *Clima Maturín* (Venezuela). <https://es.climate-data.org/america-del-sur/venezuela/estado-monagas/maturin-4021>
- Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., González, L., Tablada, M. y Robledo, C. (2018). *InfoStat* [software]. Universidad Nacional de Córdoba. <http://www.infostat.com.ar>
- Fundación Hondureña de Investigación Agrícola. (2007). *Deterioro postcosecha de las frutas y hortalizas frescas por hongos y bacterias*. <http://fhia.org.hn/downloads/fhianinfdic2007.pdf>
- García, C. (2004). *Introducción a la microbiología*. EUNED.
- Gómez-Martínez, M., Rodríguez-Herrera, R., González-Domínguez, J. R. y Santos-Fernández, M. (2020). Calidad de semilla de moringa y su adaptabilidad en campo en asociación con zacate buffel. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 7(2), 1-13. <https://doi.org/10.19136/era.a7n2.2408>
- Ghangaokar, N. & Kshirsagar, A. (2013). Study of seed borne fungi of different legumes. *DAMA Internacional*, 2(1), 32-35. https://www.academia.edu/23703182/Study_of_Seed_Borne_Fungi_of_Different_Legumes
- Howlett, B. (2006). Secondary metabolite toxins and nutrition of plant pathogenic fungi. *Curr. Opin. Plant. Biol.*, (4), 371-375. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2006.05.004>
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (12 de enero de 2022). *Importancia de la patología de semillas en el almacenamiento de granos*. <https://inta.gob.ar/documentos/importancia-de-la-patologia-de-semillas-en-el-almacenamiento-de-granos>
- International Seed Testing Association. (2003). *International Rules for Seed Testing*. ISTA.
- Lennartsson, P., Taherzadeh, M. & Edebo, L. (2014). Rhizopus. In Batt C. & Tortorello M. (Eds.), *Encyclopedia of Food Microbiology*.
- Lezcano, J., Alonso, O., Trujillo, M. y Martínez, E. (2014). Agentes fúngicos asociados a síntomas de enfermedades en plántulas de Moringa oleífera Lamarck. *Pastos y Forrajes*, 37(2), 166-172. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=269131791006>
- Londoño-Hernández, L., Ramírez-Toro, C., Ruiz, H., Ascacio-Valdés, J., Aguilar-González, M., Rodríguez-Herrera, R. & Aguilar, C. (2017). Rhizopus oryzae – Ancient microbial resource with importance in modern food industry. *Int. J. Food Microbiol.*, 18 (257), 110-127. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2017.06.012>
- Luna, C. (2019). Establecimiento de un método eficiente de estandarización de la germinación in vitro de Moringa oleífera (Moringaceae). *Acta Botánica Mexicana*, (126). <https://doi.org/10.21829/abm126.2019.1496>
- Mahesha, N., Priyanka, M., Subhash, Ch. & Gupta R. (2019). Diversity of seed-borne mycoflora of moringa oleífera in kumaun region of central Himalaya. *ENVIS Bulletin Himalayan Ecology*, 27, 58-62. <http://gbpihedenvnis.nic.in/ENVIS%20Bulletin/ENVIS%20Bulletin,%20Vol.27,2019/10%20Mahesha%20Nand1.pdf>
- Malvárez, G., Rodríguez, A., Aguilar, C., Silvera, E. y Mondino, P. (2001). Identificación de especies de *Monilinia* spp. en aislamientos obtenidos de *Prunus* spp. por PCR con Primers específicos. *Agrociencia*, 5(1), 48-53. <http://www.fagro.edu.uy/~agrociencia/index.php/directorio/article/view/569/477>
- Márquez, S., Bills, G. & Zabalgoeazcoa, I. (2007). The endophytic mycobiota of the grass *Dactylis glomerata*. *Fungal Divers.*, 27, 171-195. http://www.fungaldiversity.org/fdp/sfdp/27_11.pdf
- Martínez, B., Infante, D. y Reyes, Y. (2013). Trichoderma spp. y su función en el control de plagas en los cultivos. *Revista de Protección Vegetal*, 28(1), 1-11. <http://revistas.censa.edu.cu/index.php/RPV/article/view/41>
- Martínez-De la Parte, E., Cantillo-Pérez, T. y García-Rodríguez, D. (2013). Micobiota asociada a lotes importados de semillas de moringa (*Moringa oleífera*). *Fitosanidad*, 17(3), 125-129. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=209129856001>
- Mediavilla-Molina, A., Infante-García-Pantaleón, F., Angulo-Romero, J. y Domínguez-Vilches, E. (1992). Catálogo de los hongos presentes en silos de la provincia de Córdoba (España). *Acta Botánica Malacitana*, 17, 57-66. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1012639>

CIENCIA DE LAS PLANTAS

- Mosquera, W., Criado, L. y Guerra, B. (2020). Actividad antimicrobiana de hongos endófitos de las plantas medicinales *Mammea americana* (Calophyllaceae) y *Moringa oleifera* (Moringaceae). *Biomédica*, 40(1), 55-71. <https://doi.org/10.7705/biomedica.4644>
- Neninger, L., Hidalgo, E., Barrios, L. y Pueyo, M. (2003). Hongos presentes en semillas de arroz (*Oryza sativa* L.) en Cuba. *Fitosanidad*, 7(3), 7-11. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=209118166002>
- Ortega-Amaro, M., Rodríguez, M. y Domínguez, K. (2017). *Manual de Prácticas del Laboratorio del curso de "BIOLOGÍA DE HONGOS"*. <http://www.fc.uaslp.mx/informacion-para/material-didactico/MANUALDELABORATORIOBIOLOGIADEHONGOS.pdf>
- Palmero, D., Iglesias, C. y Sinobas, J. (2005). Inventario fúngico asociado a las semillas de cultivares de cardo (*Cynara cardunculus* L.). *Bol. San. Veg. Plagas*, 31(2), 277-285. <https://oa.upm.es/15070/>
- Pazos, T., Sarubbi, H. y Aquino, A. (2011). Evaluación de hongos fitopatógenos en semillas de especies forrajeras tropicales. *Investig. Agrar.*, 13(1), 41-47. http://scielo.iics.una.py/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2305-06832011000100006
- PROAIN. (27 de diciembre de 2021). *Principales hongos perjudiciales en granos almacenados*. <https://proain.com/blogs/ntas-tecnicas/principales-hongos-perjudiciales-en-granos-almacenados>
- Ruiz-Pérez, A., Araméndiz-Tatis, H. y Cardona-Ayala, C. (2017). Efecto del almacenamiento en la calidad fisiológica de semilla de moringa (*Moringa oleifera* Lam.). *Revista U.D.C.A. Actualidad & Divulgación Científica*, 20(1), 79-89. <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v20n1/v20n1a10.pdf>
- Sandle, T. (2014). Trichoderma. In Batt C. & Tortorello M. (Eds.). *Encyclopedia of Food Microbiology*.
- Sepúlveda, C. y Piontelli, E. (2005). Poblaciones de *Aspergillus* en semillas de maíz y soja de importación argentina: Énfasis en la sección flavi. *Boletín Micológico*, 20. <https://doi.org/10.22370/bolmicol.2005.20.0.276>
- Nash-Smith, S. (2007). An overview of ecological and habitat aspects in the genus *Fusarium* with special emphasis on the soil-borne pathogenic forms. *Plant Pathology Bulletin*, 16, 97-120. <https://www.taiwanphytopath.org/uploads/publication/d8af8c27a6794eace3deec7c2c7eedf4.pdf>
- Tapia, C. y Amaro, J. (2014). Género *Fusarium*. *Rev. Chilena Infectol.*, 31(1), 85-86. <http://doi.org/10.4067/S071610182014000100012>
- Tuset, J., Hinarejos, C. y Mira, J. (24 de enero de 2022). *La "podredumbre marrón" (Monilinia spp.) de los frutales de huso*. <https://www.phytoma.com/la-revista/phytohemeroteca/191-agosto-septiembre-2007/la-podredumbre-marron-monilinia-spp-de-los-frutales-de-huso>
- Urbina, C. (04 de agosto de 2019). *Enfermedades causadas por hongos, Fitopatología General. Universidad Católica Agropecuaria del Trópico Seco. Estelí, Nicaragua*. <https://www.yumpu.com/es/document/read/11842579/enfermedades-causadas-por-hongos-martin-urbina-chavarria>
- Uribe-Cortés, T., Silva-Rojas, H., Mendoza-Onofre, L., Velázquez-Cruz, C. y Rebollar-Alviter, A. (2020). Identificación de especies de *Fusarium* aisladas de semillas sintomáticas y asintomáticas de maíz con base en el gen TEF-1 α . *Revista fitotecnia mexicana*, 43(1), 79-88. <https://doi.org/10.35196/rfm.2020.1.79>
- Vaillant, D., Pérez, Y. y Ramírez, R. (2015). Detección de *Fusarium semitectum* en vainas de plantas de moringa (*Moringa oleifera* Lam.). *Bol. Micol.*, 30(2), 3-5. <https://doi.org/10.22370/bolmicol.2015.30.2.344>
- Velázquez-del Valle, M., Bautista-Baños, S., Hernández-Lauzardo, A., Guerra-Sánchez, M. y Amora-Lazcano, E. (2008) Estrategias de Control de *Rhizopus stolonifer* Ehrenb. (Ex Fr.) Lind, Agente Causal de Pudriciones Postcosecha en Productos Agrícolas. *Revista mexicana de fitopatología*, 26(1), 49-55. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092008000100008
- Vélez, G. y Castrillón, F. (2018). *Producción y conservación de semillas nativas y criollas de buena calidad y sanidad*. Grupo Semillas.
- Warman, N. y Aitken, E. (2018). The movement of *Fusarium oxysporum* f. sp. Cúbense (sub-tropical race 4) in susceptible cultivars of banana. *Front. Plant. Sci.*, 1748. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2018.01748/full>
- Zeilinger, S., Gruber, S., Bansal, R. y Mukherjee, P. (2016). Secondary metabolism in - chemistry meets genomics. *Fungal Biology Reviews*, 30(2), 74-90. <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2016.05.001>
- Zúñiga, J., Biurrun, R., Garnica, I., Lezaun, J. y Llorens, M. (2011). *Las moniliosis*. Navarra Agraria. [https://www.navarraagraria.com/categories/item/710-las-moniliosis#:~:text=Se%20denomina%20moniliosis%20o%20podredumbre,Monilinia%20frut%C3%ADcola%20\(Anamorfo%20Monilia\)](https://www.navarraagraria.com/categories/item/710-las-moniliosis#:~:text=Se%20denomina%20moniliosis%20o%20podredumbre,Monilinia%20frut%C3%ADcola%20(Anamorfo%20Monilia))