

**MICROFLORA ASOCIADA A DIFERENTES ESPECIES DE YAUTÍA (*XANTHOSOMA*  
SPP.) Y LA IDENTIFICACIÓN DE MEDIDAS A NIVEL POSCOSECHA PARA  
MINIMIZAR EL DAÑO EN CORMOS Y CORMELOS**

Por

**María de Lourdes Acevedo-Sánchez**

Tesis sometida como cumplimiento parcial de grado en

**MAESTRO EN CIENCIAS**

en

**PROTECCIÓN DE CULTIVOS**

**UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO**

**RECINTO UNIVERSITARIO DE MAYAGÜEZ**

**2017**

Aprobado por:

_____ Ángel Bosques-Vega, M.S. Miembro, Comité Graduado	_____ Fecha
_____ Martha Giraldo-Zapata, PhD Miembro, Comité Graduado	_____ Fecha
_____ Agenol González-Vélez, M.S. Miembro, Comité Graduado	_____ Fecha
_____ Mildred Zapata-Serrano, PhD Presidenta, Comité Graduado	_____ Fecha
_____ Elvin Román Paoli, PhD Director del Departamento	_____ Fecha
_____ Aidsa I. Santiago Román, PhD Representante de Escuela Graduada	_____ Fecha

## Abstract

Tanier (*Xanthosoma* spp.) has a great economic importance worldwide, but its production is lower than its demand. In Puerto Rico diseases caused via plant pathogenic bacteria and fungi are limiting tanier production creating an increment of its importation. In 2013 the importation of tanier was of 13,382 tons. The Agricultural Experimental Station is recommending the cultivar, Nazareno for its commercialization, flour production and economic development. The objective of this research was to study the range of postharvest pathogens found in Nazareno and other cultivars, and the identification of a suitable postharvest management that minimize the damage in corms and cormels. Postharvest fungi isolated from diseased corms and cormels tissues were *Aspergillus niger*, *Aspergillus terreus*, *Fusarium* spp., *Penicillium* spp., *Sclerotium rolfsii* and *Verticillium* spp. Pathogenicity tests were conducted using tissues from three tanier species: *X. violaceum* (purple), *X. saggitifolium* (white) and *X. atrovirens* (yellow), on a complete randomized block design with three replications per tissue (corms and cormels). To determine the host range pathogenicity tests were performed on other edible tubers such as sweet potato (*Ipomoea batatas*), potato (*Solanum tuberosum*), yam (*Dioscorea alata*) and cassava (*Manihot esculenta*) with the pathogens found and some of the causal agents of the dry root rot, *Pythium* spp. and *Rhizoctonia* spp. Postharvest management was conducted to study weight loss in corms and cormels using six treatments: 1. Control, 2. Kocide<sup>®</sup>, 3. Serenade<sup>®</sup>, 4. Oxidate<sup>®</sup>, 5. Clorox<sup>®</sup> and 6. Actigard<sup>®</sup>, and storage conditions over plastic pallets, 1. Under a tent and 2. Under the shade of a tree. For the three species of *Xanthosoma* spp. and the edible tubers the most virulent organisms were *Sclerotium rolfsii* and *Verticillium* spp. The least susceptible of the edible tubers was the sweet potato. Weight loss was less under the tent and the best products were Oxidate<sup>®</sup>, Control and Actigard<sup>®</sup>.

## Resumen

La yautía (*Xanthosoma* spp.) es un cultivo de gran importancia económica a nivel mundial, pero su producción no cubre su demanda. La producción de yautía en Puerto Rico se ve limitada por enfermedades causadas por hongos y bacterias fitoparásitos, incrementando su importación. En el año 2013 se importaron 13,382 toneladas. La Estación Experimental Agrícola recomienda la variedad Nazareno para su comercialización, producción de harina y desarrollo económico en el país. El objetivo de esta investigación fue estudiar los microorganismos patogénicos asociados a las enfermedades presentadas en poscosecha, durante su almacenamiento y la identificación de prácticas poscosecha que minimizen el daño en cormos y cormelos. Se identificaron los hongos: *Aspergillus niger*, *Aspergillus terreus*, *Fusarium* spp., *Penicillium* spp., *Sclerotium rolfsii* y *Verticillium* spp. en muestras de tejido de cormos y cormelos afectados. Las pruebas de patogenicidad se realizaron con tres especies de *Xanthosoma*, *X. violaceum* (lila), *X. saggitifolium* (blanca) y *X. atrovirens* (amarilla) usando un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones por tejido (cormos y cormelos). Para determinar la gama de plantas hospederas de los patógenos encontrados se utilizaron otros cultivos, batata (*Ipomoea batatas*), papa (*Solanum tuberosum*), ñame (*Dioscorea alata*) y yuca (*Manihot esculenta*) y se incluyeron algunos hongos causales del mal seco, *Pytium* spp. y *Rhizoctonia* spp. Para determinar prácticas de manejo poscosecha se evaluó la pérdida de peso de cormos y cormelos sometidos a seis tratamientos: 1. Control, 2. Kocide<sup>®</sup>, 3. Serenade<sup>®</sup>, 4. Oxidate<sup>®</sup>, 5. Clorox<sup>®</sup> y 6. Actigard<sup>®</sup> bajo dos tipos de almacenamiento sobre paletas plásticas, 1. Bajo carpa y 2. Bajo la sombra de un árbol. Los hongos que presentaron mayor virulencia fueron *Sclerotium rolfsii* y *Verticillium* spp., el cultivo menos susceptible fue la batata. En el manejo poscosecha la menor pérdida de peso fue observada bajo carpa y los mejores tratamientos fueron Oxidate<sup>®</sup>, Control y Actigard<sup>®</sup>.

## DEDICATORIA

A mi hijo, Roberto Ignacio por regalarme el don de ser madre. Por su paciencia en todo este proceso de haberle quitado tiempo para poder hacer lo correspondido a este grado académico. Eres mi eterna inspiración y por ti me he superado para poder ofrecerte una mejor calidad de vida y ser un buen ejemplo para ti. Gracias por enseñarme más de lo que yo te he podido enseñar.

A mis padres, Hilda y Roberto, porque me han estimulado a seguir siempre superándome. Han sido mi fortaleza, me enseñaron a no rendirme y siempre dar lo mejor de mí.

A mis padres de crianza, Justa y Francisco, por su eterno apoyo y orgullo hacia mí.

A mis hermanos, Roberto, Zuania y Emmanuel, por siempre haber creído en mí y estimularme a seguir adelante. A mi cuñada, Yaritza. A mis sobrinas y sobrinos, Zuamík, Amanda, Nashaly, Zuamar, Eduardo, Emmanuel y Mateo. Gracias por su apoyo.

A todos mis familiares especialmente a mis abuelos, a Hilda que, aunque físicamente no esté presente siempre estuviste orgullosa de mis logros, y a Jacinto, quien siempre me brinda su amor incondicional y las fuerzas para continuar. A mis tías y tíos, Carmen, Delia, Ada y William quienes siempre me rodean con su sabiduría y me alientan a ser una mejor persona.

Agradezco a Dios por su presencia en mi vida y por derramar sobre mí las fuerzas para que yo haya podido terminar a pesar de un sin número de obstáculos en el camino. Gracias Señor por haber puesto tu mirada en mí.

## AGRADECIMIENTOS

A mi familia que siempre tuvo la paciencia para entender los momentos difíciles y brindarme el eterno e incondicional apoyo para que pudiera obtener este grado.

A la Dra. Mildred Zapata-Serrano por brindarme la oportunidad de la investigación, por sus preocupaciones, sus consejos, su sabiduría, sus conocimientos, su esfuerzo y dedicación. Por su comprensión a los obstáculos que se presentaban en el camino y por su aprecio.

A los miembros de mi comité: Profesor Ángel Bosques-Vega, Profesor Agenol González-Vélez y la Dra. Martha Giraldo-Zapata por su disposición, consejos, ayuda y apoyo incondicional en todo momento y circunstancia.

A los empleados de la Sub-Estación Experimental Agrícola de Isabela especialmente a Héctor Dumeng y demás compañeros. Al asistente de investigaciones de la Estación Experimental Agrícola de Mayagüez, Héctor Torres por su constante ayuda.

A mis amigos y hermanos, Marianela, José Orengo, Jesús, Krystal, Yaritza, Raúl, Casiani, Edgar, Lorena, Yara y José Aníbal.

Al personal del Departamento de Ciencias Agroambientales por siempre estar a la mejor disposición para ayudar.

A los profesores del Recinto Universitario de Mayagüez especialmente al Dr. Elvin Román-Paoli por brindarme la oportunidad y abrir las puertas para poder estudiar esta carrera. A María del Rocío Suárez, la Dra. Lydia Rivera y el Dr. Ramón I. Torres-López por su apoyo, ayuda y consejos.

**“Este trabajo fue financiado por el proyecto Z-FIDA 23: “Evaluación de alternativas para el control de la mancha bacteriana y el mal seco de la yautía, *Xanthosoma* spp. Selección Nazareno” y el Departamento de Agricultura de Puerto Rico”**

## Tabla de Contenido

Abstract.....	ii
Resumen.....	ii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTOS .....	v
Tabla de Contenido.....	vii
Lista de Tablas .....	ix
Introducción .....	1
Revisión de Literatura.....	6
Origen y descripción botánica del cultivo de yautía .....	6
Importancia del cultivo.....	7
Manejo poscosecha y gama de huéspedes .....	8
Tratamientos para el Manejo Poscosecha .....	9
Patógenos en cormos y cormelos .....	10
Objetivos.....	12
Materiales y Métodos.....	13
Aislamiento e identificación de los patógenos de origen fúngico y bacteriano que pueden afectar los cormos y cormelos de diferentes especies o genotipos de yautía ( <i>Xanthosoma</i> spp.).....	13
Determinación de la gama de huéspedes de los patógenos de la yautía Selección Nazareno en otras especies de yautía y otros géneros de tubérculos comestibles (batata, papa, ñame y yuca).....	16
Evaluación a nivel poscosecha de diferentes métodos de manejo, control químico y biológico para el control de los patógenos asociados a diferentes especies de yautía ( <i>Xanthosoma</i> spp.) .....	23
Resultados.....	45
1. Aislamiento e identificación de los patógenos de origen fúngico y bacteriano que pueden afectar los cormos y cormelos de diferentes especies o genotipos de yautía ( <i>Xanthosoma</i> spp.) .....	31

Determinación de la gama de huéspedes de los patógenos de la yautía Selección Nazareno en otros géneros de tubérculos comestibles (batata, papa, ñame y yuca). .....	51
3. Evaluación a nivel poscosecha de diferentes métodos de manejo, control químico y biológico para el control de los patógenos asociados que pueden afectar adversamente a diferentes especies de yautía ( <i>Xanthosoma</i> spp.).....	59
Discusión .....	70
Conclusiones .....	77
Recomendaciones .....	79
Literatura citada .....	80



## Lista de Tablas

Tabla 1. Ilustraciones de los cormos y cormelos de las diferentes especies de yautía utilizados en las inoculaciones de hongos y bacterias.....	17
Tabla 2. Descripción taxonómica de las diferentes raíces y tubérculos comestibles.....	19
Tabla 3. Listado de ilustraciones de las raíces y tubérculos que se utilizaron para las inoculaciones marcadas las medidas que se iba a realizar el corte. ....	20
Tabla 4. Escala de calificación para la apariencia de los cormos y cormelos .....	30
Tabla 5. Pruebas y descripción de bacterias fitopatógenas aisladas de raíces de cormos de yautía Sel. Nazareno. ....	33
Tabla 6. Pruebas de patogenicidad en cormos de Nazareno con herida y sin herida .....	35
Tabla 7. Pruebas de patogenicidad en cormelos de Nazareno con herida y sin herida.....	35
Tabla 8. Pruebas de patogenicidad en cormos de Kelly con herida y sin herida.....	36
Tabla 9. Pruebas de patogenicidad en cormelos de Kelly con herida y sin herida .....	36
Tabla 10. Pruebas de patogenicidad en cormos de Súper Kelly con herida y sin herida.....	37
Tabla 11. Pruebas de patogenicidad en cormelos de Súper Kelly con herida y sin herida.....	37
Tabla 12. Pruebas de patogenicidad en cormos de Alela con herida y sin herida .....	38
Tabla 13. Pruebas de patogenicidad en cormelos de Alela con herida y sin herida .....	38
Tabla 14. Pruebas de patogenicidad en cormos de Estela con herida y sin herida .....	39
Tabla 15. Pruebas de patogenicidad en cormelos de Estela con herida y sin herida .....	39
Tabla 16. Pruebas de patogenicidad en cormos de Híbrido F con herida y sin herida .....	52
Tabla 17. Pruebas de patogenicidad en cormelos de Híbrido F con herida y sin herida .....	52
Tabla 18. Pruebas de patogenicidad en cormos de Híbrido 138 con herida y sin herida .....	41
Tabla 19. Pruebas de patogenicidad en cormelos de Híbrido 138 con herida y sin herida .....	41
Tabla 20. Pruebas de patogenicidad en cormos de J con herida y sin herida .....	42
Tabla 21. Pruebas de patogenicidad en cormelos de J con herida y sin herida .....	42
Tabla 22. Pruebas de patogenicidad en cormos de Vinola con herida y sin herida.....	43
Tabla 23. Pruebas de patogenicidad en cormelos de Vinola con herida y sin herida .....	43
Tabla 24. Resumen de los hongos y bacterias más virulentas en las inoculaciones con y sin herida según las Tablas 6 a la 23. ....	44

Tabla 25. Pruebas de patogenicidad en batata inoculada con herida y sin herida .....	51
Tabla 26. Pruebas de patogenicidad en papa inoculada con herida y sin herida .....	51
Tabla 27. Pruebas de patogenicidad en ñame inoculado con herida y sin herida.....	52
Tabla 28. Pruebas patogenicidad en yuca inoculada con herida y sin herida .....	52
Tabla 29. Pruebas de patogenicidad en yautía inoculada con herida y sin herida .....	53
Tabla 30. Patógenos de mayor virulencia determinado en diferentes tubérculos comestibles....	54
Tabla 31. Pruebas de patogenicidad con los patógenos del mal seco y de lesiones inoculadas en tubérculos comestibles con herida y sin herida.....	57
Tabla 32. Susceptibilidad de tubérculos ante patógenos con herida y sin herida. ....	58
Tabla 33. Pérdida de peso (kgs) de cormos y cormelos en el mes 1 bajo carpa .....	59
Tabla 34. Diferencia en pérdida de peso (kgs) por tejido en el mes 1 .....	59
Tabla 35. Pérdida de peso (kgs) de cormos y cormelos en el mes 2 bajo carpa .....	59
Tabla 36. Diferencia en pérdida de peso (kgs) por tejido en el mes 2.....	60
Tabla 37. Pérdida de peso (kgs) de cormos y cormelos en el mes 3 bajo carpa .....	60
Tabla 38. Diferencia en pérdida de peso (kgs) por tejido en el mes 3 .....	60
Tabla 39. Pérdida de peso (kgs) de cormos y cormelos en el mes 1 sin carpa (bajo árbol) .....	60
Tabla 40. Diferencia en pérdida de peso (kgs) por tejido en el mes 1 sin carpa.....	61
Tabla 41. Pérdida de peso (kgs) de cormos y cormelos en el mes 2 sin carpa (bajo árbol) .....	61
Tabla 42. Diferencia en pérdida de peso (kgs) por tejido en el mes 2 sin carpa.....	61
Tabla 43. Pérdida de peso (kgs) de cormos y cormelos en el mes 3 sin carpa (bajo árbol) .....	61
Tabla 44. Diferencia en pérdida de peso (kgs) por tejido en el mes 3 sin carpa.....	61
Tabla 45. Pérdida de peso (kgs) en el mes 1 en ambientes bajo carpa y sin carpa. ....	64
Tabla 46. Diferencia en pérdida de peso (kgs) por tejido en el mes 1 bajo carpa y sin carpa. ....	64
Tabla 47. Pérdida de peso (kgs) en el mes 2 en ambientes bajo carpa y sin carpa. ....	64
Tabla 48. Diferencia en pérdida de peso (kgs) por tejido en el mes 2 bajo carpa y sin carpa. ....	65
Tabla 49. Pérdida de peso (kgs) en el mes 3 en ambientes bajo carpa y sin carpa. ....	65
Tabla 50. Diferencia en pérdida de peso (kgs) por tejido en el mes 3 bajo carpa y sin carpa. ....	65
Tabla 51. Pérdida de peso en cormos durante 14 días poscosecha.....	66
Tabla 52. Pérdida de peso en cormelos durante 14 días poscosecha. ....	67

Tabla 53. Promedio de días de brotación por mes de tejidos mantenido bajo carpa. .... 69

## Lista de Figuras

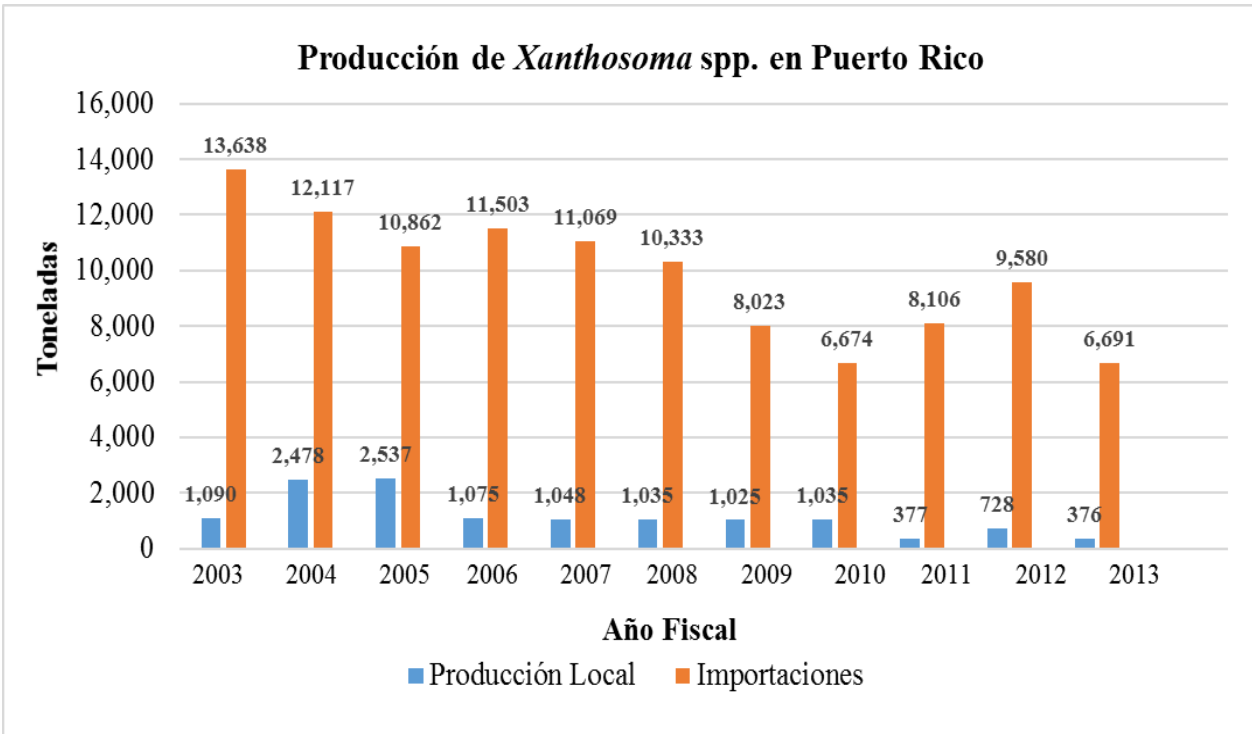
Figura 1. Producción de yautía ( <i>Xanthosoma</i> spp.) en Puerto Rico para los años 2003 hasta el 2013.....	2
Figura 2. Producción mundial de yautía en una década, desde el año 2003 hasta el 2013.....	3
Figura 3. Lesiones en cormelos..	13
Figura 4. Lesiones encontradas en cormos..	14
Figura 5. Suspensiones bacterianas se estandarizaron en nefelos con 20 mililitros de caldo nutritivo a una absorbancia de 0.5 con un largo de onda de 590nm. ....	15
Figura 6. Suspensiones bacterianas contenidas en nefelos colocadas en un “Orbit Shaker” por 24 horas a 1,000 revoluciones por minuto. ....	15
Figura 7. Cámaras húmedas preparadas en placas Petri medianas con agua destilada estéril, papel tipo “kimwipe”, laminillas de cristal con envoltura de parafina. ....	15
Figura 8. Hongos crecidos en PDA mostrando crecimiento en tope/fondo y fotos microscópicas..	22
Figura 9. A. Cosecha y selección de tejido sano de la Selección Nazareno (sacos con cormos de 9.07 a 11.34 kilogramos y cormelos de 9.07 kilogramos). B. Peso de sacos..	24
Figura 10. Aplicación de cinco tratamientos en drones. ....	27
Figura 11. A. Carpa modificada con sacos de café. B. Bajo árbol/Sin carpa mostrando tejidos tratados sobre paletas plásticas. ....	27
Figura 12. A. Preparación de corno desinfectado para prueba de germinación y marcado el corte de 5.08 centímetros para la zona apical, central y distal. B. Suberización de los tejidos cortados expuestos por dos horas bajo el Sol antes de sembrar. ....	29
Figura 13. Viabilidad del material de propagación. Se colocaron los pedazos de los dos cormos y los seis cormelos en tiestos con mezcla comercial ProMix <sup>®</sup> . ....	29
Figura 14. Hongos cultivados en PDA mostrando crecimiento en el tope/fondo de cada placa y vista microscópica.....	32
Figura 15. Lesiones observadas en discos de Nazareno inoculados con hongos en las pruebas de patogenicidad. ....	34
Figura 16. Susceptibilidad de cormos inoculados con hongos y bacterias con heridas y sin heridas de las especies amarillas Súper Kelly, Kelly y Nazareno. ....	46
Figura 17. Susceptibilidad de cormelos inoculados con hongos y bacterias con heridas y sin heridas de las especies amarillas Súper Kelly, Kelly y Nazareno. ....	46

Figura 18. Susceptibilidad de cormos inoculados con hongos y bacterias con heridas y sin heridas de las especies blancas (Estela, Alela, Híbrido F) versus Nazareno. ....	47
Figura 19. Susceptibilidad de cormelos inoculados con hongos y bacterias con heridas y sin heridas de las especies blancas (Estela, Alela, Híbrido F) versus Nazareno .....	47
Figura 20. Susceptibilidad de cormos inoculados con hongos y bacterias con heridas y sin heridas de las especies lilas (Híbrido 138, Vinola, J) versus Nazareno.....	48
Figura 21. Susceptibilidad de cormelos inoculados con hongos y bacterias con heridas y sin heridas de las especies lilas (Híbrido 138, Vinola, J) versus Nazareno.....	48
Figura 22. Susceptibilidad de cormos inoculados con hongos y bacterias con heridas y sin heridas de todas las especies amarillas, blancas y lilas.....	49
Figura 23. Susceptibilidad de cormos inoculados con hongos y bacterias con heridas y sin heridas de todas las especies amarillas, blancas y lilas.....	50
Figura 24. Susceptibilidad de los tubérculos comestibles inoculados con bacterias patógenas (con herida). ....	54
Figura 25. Susceptibilidad de tubérculos inoculados con hongos con herida mecánica. ....	55
Figura 26. Susceptibilidad de tubérculos inoculados sin herida con hongos.....	55
Figura 27. Patógenos afectando a tubérculos inoculados con herida y sin herida. ....	57
Figura 28. Susceptibilidad de tubérculos inoculados con herida y sin herida. ....	58
Figura 31. Apariencia Inicial vs Apariencia Final bajo carpa. Se presenta la apariencia inicial y final por cada tratamiento y por cada tipo de tejido. (Escala 5- Excelente; 4-Bueno; 3- Regular; 2-Pobre; 1-Inservible). ....	62
Figura 32. Apariencia Inicial vs Apariencia Final bajo árbol. Se presentan las apariencias iniciales y finales por cada tratamiento y por cada tipo de tejido. (Escala 5- Excelente; 4-Bueno; 3- Regular; 2-Pobre; 1-Inservible). ....	63
Figura 33. Estimados de Pérdida de Peso en Cormos y Cormelos tomando en consideración el peso diario por catorce días y el valor económico por quintal de ambos tejidos.....	66
Figura 34. Brotes observados de cormos al mes de sembrado. ....	68
Figura 35. Pruebas de Germinación en Cormos y Cormelos. Los tejidos que contienen C son los tejidos de los cormos y los números son los cormelos. ....	69

## **Introducción**

La yautía (*Xanthosoma* spp.) pertenece a la familia de las Aráceas y es de gran importancia económica a nivel mundial, pero de baja producción debido a enfermedades causadas por hongos y bacterias que no permiten cubrir las demandas. En Puerto Rico es uno de los cultivos de mayor antigüedad heredado de los aborígenes Arawak (Montaldo, 1977). Contiene alrededor de 15-39 % de carbohidratos, 2-3 % de proteínas y 70-77 % agua (FAO, 2003). También contiene 14 mg de calcio, 56 mg de fósforo, vitaminas A y B. Comparada con otras raíces y tubérculos presenta un alto contenido de fibra y proteínas por porción (Parvatha, 2015).

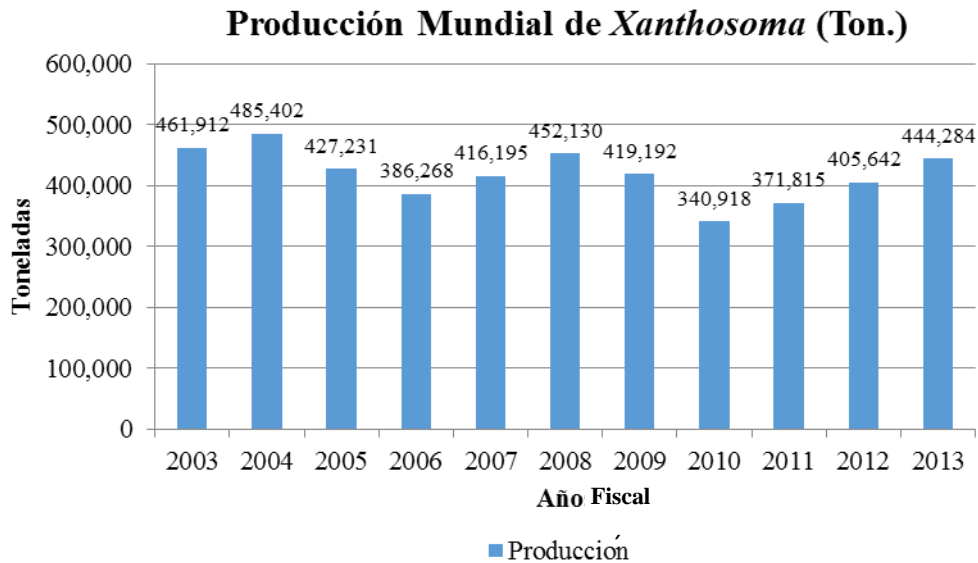
Aunque el mercado agrícola de Puerto Rico la yautía es un cultivo con alta demanda, su producción para el año 2013 fue de 7,522 quintales (376 toneladas) y se importaron 133,823 quintales (6,691 toneladas) para suplir el consumo local (Departamento de Agricultura, 2014). Según esta misma fuente para el año 1983 se producía en Puerto Rico 190,000 quintales (9,500 toneladas) de yautía. Esta disminución drástica en la producción de yautía en Puerto Rico puede estar relacionada con la aparición de enfermedades limitantes, costos de producción y leyes que facilitan la importación ya que este producto sigue siendo preferido por los puertorriqueños (Cortés y Gayol, 2006). La producción de yautía en Puerto Rico desde el año 2003 hasta el año 2013 se presenta en la Figura 1 donde se puede apreciar la disminución de la producción (1,090 a 376 toneladas) versus la demanda constante (13,638 a 6,691 toneladas) en el mercado agrícola puertorriqueño.



**Figura 1.** Producción de yautía (*Xanthosoma* spp.) en Puerto Rico para los años 2003 hasta el 2013. Fuente: Departamento de Agricultura Oficina de Estadísticas Agrícolas de Puerto Rico, 2014.

Por otro lado, la producción de yautía a nivel mundial muestra una tendencia prácticamente constante y según FAOSTAT esperan que continúe el incremento en los próximos años (FAOSTAT, Figura 1). La disminución para el año 2008 fue debida a una crisis económica de Estados Unidos trayendo a su vez crisis internacional causando otros fenómenos como una crisis alimentaria global y en conjunto una crisis económica a escala internacional (Secretaría de Agricultura y Ganadería de Honduras, 2014; Codón y Vega, 2009). Por otra parte, se espera que la producción de yautía continúe en aumento debido a que para el año 2012, Estados Unidos (quien era el principal importador) tuvo un valor de sus importaciones de 2,352 millones de dólares versus en el 2013 que aumentó dramáticamente a

10,529 millones de dólares. Los mayores exportadores de yautía son: Ecuador, Costa Rica, Nicaragua, República Dominicana, México y Honduras. En cambio, los principales productores son: Cuba, Venezuela, El Salvador, Perú y República Dominicana. En la Figura 2 se presenta la producción de yautía a nivel mundial de los productores antes mencionados.



**Figura 2.** Producción mundial de yautía en una década, desde el año 2003 hasta el 2013. (Food and Agricultural Organization of the United Nations, Statistic Division, 2014).

El cultivo de yautía es afectado por varias enfermedades durante la época de siembra. Entre las enfermedades conocidas se encuentran la necrosis marginal bacteriana, mancha bacteriana, pudrición del peciolo, virosis y el mal seco; asociada esta última a un complejo de hongos (Hernández, 1996). Además, existen enfermedades poscosecha causados por varios agentes que pueden causar síntomas de pudrición blanda color marrón, pudrición blanda y húmeda, pudrición esponjosa color café claro, pudrición seca y esponjosa, y pudrición seca color claro (Hernández, 1996).



En Puerto Rico la siembra de la selección de yautía “Nazareno” se ha estado sembrando a escala comercial en la EEA de Isabela con fines de aumentar el material de propagación (semilla) a solicitud del Departamento de Agricultura de Puerto Rico. Se necesita material de propagación de buena calidad para distribuirla a los agricultores. La selección Nazareno, a nivel poscosecha puede presentar síntomas de enfermedad tal como hundimiento o colapso de tejido, y hendiduras de tejido en cormos y cormelos. Esto afecta el precio en el mercadeo de los tubérculos pues hace que deprecien o que no puedan venderse debido a la degradación de los tejidos y a su presentación (FAO, 2003). Por otro lado, el potencial de semilla viable se reduce en los cormos pues su duración es de 7 a 10 días aproximadamente (Bosques, 2015).

El manejo poscosecha ha sido muy poco estudiado. Las indicaciones generales consisten en tomar precauciones en el manejo para evitar daños mecánicos y los procesos de almacenamiento de los cormos y cormelos (Cooke y Thompson, 1988). Entre las recomendaciones están exponerlos a ambientes ventilados y secos durante el almacenamiento, ponerlos en cajas de cartón, dónde hay una pérdida de cormelos de un 50-95% entre dos a cinco meses bajo esas condiciones (Cooke y Thompson, 1988). El secado de los cormos y cormelos se realiza sin remover el suelo donde habitan los microorganismos de suelo y causan daño a los tejidos. Ambos tejidos se exponen por 7 días bajo condiciones secas a 30° C, esto para promover un proceso rápido de reparación de heridas, mayormente en la cosecha (Chukwu, 2010). Por lo tanto, los daños poscosecha se deben al ataque de microorganismos y a la pérdida de agua durante el almacenamiento, esto redundando en una disminución de la semilla disponible para siembra y de consumo para los cormelos.

La selección Nazareno tiene el potencial de aumentar considerablemente las siembras a nivel comercial de yautía con el fin de utilizar el cormo para la elaboración de harina y los

cormelos para su consumo fresco. El Departamento de Agricultura de Puerto Rico desde el 2013, ha auspiciado la producción de material de propagación o semilla vegetativa de Nazareno en un área de 177 cuerdas con el fin de aportar a la seguridad alimentaria en Puerto Rico fomentando la creación de una planta procesadora para la producción de harina libre de gluten. Es necesario desarrollar la metodología del manejo poscosecha para prolongar la viabilidad de los cormos y evitar su deterioro hasta su procesamiento. También beneficiará a los agricultores permitiéndoles preservar por más tiempo la semilla vegetativa para siembras futuras y para mercadear su producción. Esta investigación fue financiada y forma parte del proyecto FIDA-23 “Evaluación de alternativas para el control de la mancha bacteriana y el mal seco de la yautía, *Xanthosoma* spp. Selección Nazareno” de la Estación Experimental Agrícola y el Departamento de Agricultura.

## Revisión de Literatura

### Origen y descripción botánica del cultivo de yautía

La yautía es originaria de América tropical, posiblemente en la parte norte de Sur América, y luego se dispersó hacia las Antillas y Mesoamérica. El género *Xanthosoma* spp. es de tipo herbáceo, monocotiledóneo, y pertenece al orden Alismatales y a la familia Aráceae teniendo alrededor de 45 especies; algunas de ellas comestibles y otras ornamentales. La morfología de la planta difiere según la especie, entre las especies comestibles hay diversidad en el color de la pulpa: pulpa amarilla (*X. atrovirens*), lila (*X. violaceum*) y blanca (*X. sagittifolium*). Dentro de cada especie hay variedades distintas. En Puerto Rico a nivel comercial se utilizan la yautía de color blanco bajo los nombres de Alela y Estela, de color violeta la variedad Vinola y de color amarilla, las variedades: Kelly y Nazareno (Díaz, 2012). De acuerdo a Schott in H.W. Schott y S.L. Endlicher (1832) la clasificación taxonómica de la yautía es la siguiente:

Reino: Plantae

División: Angiospermae

Clase: Liliopsida

Orden: Alismatales

Familia: Araceae

Subfamilia: Aroideae

Género: *Xanthosoma*

En Puerto Rico el Departamento de Agricultura está promoviendo que se utilice la Selección Nazareno desarrollada en un programa de Fitomejoramiento del Profesor Ángel Bosques-Vega en la Estación Experimental Agrícola de Isabela. Dicha Selección es un cruce entre una variedad de la especie amarilla: Súper Kelly y una variedad de la especie blanca: Estela (Bosques, 2017). El ciclo de crecimiento de la yautía se conoce puede durar de nueve a once meses dependiendo de la especie (Montaldo, 1991) pero la ventaja de la Selección Nazareno es

que puede durar hasta cerca de los 16 meses en el campo sin brotar. La planta de yautía alcanza de uno a dos metros, tiene un cormo bajo el suelo en forma de rizoma de donde salen cormelos, raíces secundarias y hasta siete hojas. Las hojas grandes emergen del cormo, sagitadas y tienen pecíolos largos. Su inflorescencia brota entre las hojas a través de un espádice. El indicativo de la maduración de la planta es el amarillamiento de las hojas basales (Díaz, 2012).

### **Importancia del cultivo**

El cultivo de yautía pertenece al grupo de raíces y tubérculos los cuales son considerados a nivel mundial como cultivos básicos o esenciales y fuente principal de calorías para alrededor de 700 millones de personas en lugares como Latinoamérica, Asia y África (FAO, 2016). En este grupo se encuentran la yuca, batata, papa, ñame, jengibre, yautía, malanga, entre otros. Las raíces y tubérculos son estructuras comestibles subterráneas (Chukwu, 2010). Entre los cultivos de tubérculos se encuentran el ñame (*Dioscorea* spp.), papa (*Solanum* spp.), y yautía (*Xanthosoma* spp.) mientras que en los cultivos de raíces se encuentra la yuca (*Manihot esculenta*) y la batata (*Ipomoea batatas*). Estos cultivos se consideran importantes debido a la nutrición conteniendo complejos de vitamina B, vitamina C, pequeñas dosis de vitamina A y otros minerales tales como potasio, calcio, cobre, fósforo y hierro (United States Department of Agriculture, 2015). La yautía se considera de gran importancia debido a su valor nutricional para la alimentación humana, también puede representar una alternativa para aumentar el ingreso económico agrícola del agricultor puertorriqueño. Este cultivo es importante para los agricultores en las áreas tropicales, pues puede producir altos rendimientos de tubérculos con un buen valor nutritivo aportando calcio, fósforo, hierro, potasio y vitamina C, entre otros nutrientes necesarios en la dieta diaria de millones de personas.

Según las estadísticas agrícolas entre el 2009 hasta el 2013 la yautía es uno de los productos de mejor precio por unidad en el mercado y con una demanda permanente en los mercados internacionales. Para el año 2013 los países de mayor producción fueron Cuba, Venezuela, El Salvador, Perú y República Dominicana. No obstante, cuando se estudian los países de mejores rendimientos de toneladas por hectárea México es el país con el mayor rendimiento, seguido por Cuba, Venezuela, Trinidad y Tobago, y El Salvador (Secretaría de Agricultura y Ganadería, 2014). Para el año 2013 los principales países consumidores de yautía lo fueron Estados Unidos, Canadá, Malasia y España con una demanda para el 2012 de \$3,524 millones lo cual aumentó a \$11,772 millones en el 2013 (Trade Map, 2014; Secretaría de Agricultura y Ganadería, 2014). Todo esto nos lleva a pensar que si Puerto Rico aumenta su producción y rendimientos podría lograr abastecer la demanda local o servir como exportador a los Estados Unidos y demás lugares de alta demanda.

### **Manejo poscosecha y gama de huéspedes**

El manejo poscosecha es de suma importancia pues es un conjunto complejo de funciones y operaciones con sucesiones funcionales que va desde la cosecha hasta el consumo (FAO, 2003). El sistema poscosecha comprende de dos actividades: técnica y económica. La técnica se basa en la cosecha, secado en el campo, limpieza, almacenamiento y procesamiento. La económica se refiere al transporte, comercialización, control de calidad, nutrición e información al consumidor, entre otras actividades (Trevor y Cantwell, 2011).

En las actividades técnicas la cosecha se realiza mayormente de manera manual. Para que los cormelos y cormos sean mercadeables o comerciables deben estar libres de daños mecánicos, enfermedades, yemas germinadas y plagas. Se debe tener un buen control y manejo

de los cormos y cormelos para evitar las pérdidas. Las pérdidas poscosecha son una disminución que se puede medir en los productos; puede ser cualitativa -pérdida en la calidad del tejido- o cuantitativa -cantidad de pérdidas por los daños- (Hernández, 1996). Primeramente, se realiza la cosecha, luego el próximo procedimiento es el secado en el terreno que tiende a garantizar una buena conservación del material vegetal porque tiende a agilizar el proceso de recuperación del tejido, en cambio, aumentan los riesgos de pérdida debido a patógenos adheridos al suelo (Bikomo, 1994). Posteriormente se recurre al almacenamiento del tejido, a veces se almacenan en fosas bajo tierra (Obetta et al., 2007; Onweme, 1978) y otras veces se cubren con paja (Cooke et al., 1988). En el manejo poscosecha se evalúan varios aspectos y entre ellos la pérdida de agua, pues bioquímicamente los productos orgánicos tienden a componerse de agua y materia seca (FAO, 2003). El contenido de agua es la relación entre el peso del agua y el peso total de materia seca y agua. Una pérdida de agua causaría básicamente una pérdida de peso (FAO, 2003). Otro aspecto que se evalúa es la apariencia o la pérdida de calidad. Los criterios para esto son bastante variables, dependen de la apariencia, forma, tamaño, olor y palatabilidad. Por lo tanto, la limpieza y el buen estado del producto cosechado son cualidades primordiales para su mercado y comercialización; correspondientes a un producto "sano, legal y comercial" (FAO, 2003). En conclusión, la presencia de microorganismos altera el peso, la calidad y la apariencia del producto, afectando su valor comercial (Wills et al., 1999; Trevor y Cantwell, 2011; Nunes et al., 2009).

### **Tratamientos para el Manejo Poscosecha**

Para el producto comestible a nivel poscosecha se emplean mecanismos o técnicas que impiden alteraciones microbiológicas y mantengan la calidad del producto (FAO, 2003). Entre ellas se encuentran la desinfección y la reducción de microorganismos invasores mediante

controles así sean químicos o biológicos las cuales fueron utilizadas en este estudio. Los controles químicos son los más utilizados en la agricultura para manejar las enfermedades. Tiene algunas desventajas y entre ellas se encuentran que algunas pueden ser de alto costo económico. Los microorganismos pueden crear resistencia, pueden eliminar microorganismos beneficiosos, causar daños a la salud y al ambiente. Por otro lado, tiene ventajas tales como que son de acción rápida, son eficientes, de fácil aplicación y usualmente están disponibles en el mercado (FAO, 2003). Por otro lado, el uso de controles biológicos resulta una alternativa en la agricultura actual enfocándose hacia una menor contaminación ambiental.

Este estudio se propuso identificar patógenos de la yautía y la gama de huéspedes, y probar diferentes tratamientos junto con diferentes manejos poscosecha para poder recomendar un manejo que pueda ser eficiente en el campo para minimizar el daño en el tejido y, por lo tanto, mejorar la comercialización y el rendimiento del cultivo.

### **Patógenos en cormos y cormelos**

En el manejo poscosecha existen diferentes problemas asociados a distintos patógenos. Todos los patógenos llevan a la pérdida total o parcial de los cormelos y/o cormos. Los que se han reportado en yautía son los siguientes:

#### **Hongos**

1. *Aspergillus niger*: causa pudriciones blandas (Agu et al., 2014)
2. *Botryodiplodia theobromae*: causa pudrición esponjosa color café claro (Hernández, 1996)
3. *Ceratocystis fimbriata*: causa pudrición seca color claro (Hernández, 1996)

4. Complejo del “mal seco”: Complejo de hongos asociados a pudriciones de raíces tales como *Fusarium solani*, *Rhizoctonia solani* y *Pythium* spp. (Hernández, 1996)
5. *Fusarium* spp.: causa pudriciones secas grises (Hernández, 1996; Agu et al., 2014)
6. *Fusarium oxysporum*: causando pudriciones tipo esponjosas de color blanco grisáceo (Hernández, 1996)
7. *Pythium myriotylum*: afecta las raíces causando clorosis y pobres rendimientos en el cultivo (Agueguia, 1987; Nzietchueng, 1984)
8. *Phytophthora* spp.: manchas necróticas y colapsos de la hoja (FAO, 2004)
9. *Rhizoctonia solani*: pudrición en raíces provocando marchitez y clorosis (Pacumbaba et al., 1992)
10. *Sclerotium rolfsii*: causa una pudrición suave color marrón (Bejarano-Mendoza y Zapata, 1998)
11. *Verticillium* spp.: causa podredumbre blanda (Pandukur et al., 2016)

### **Bacterias**

1. *Erwinia chrysanthemi*: causa una pudrición blanda y húmeda (Hernández, 1996)
2. *Pseudomonas* spp.: manchas foliares blancas o descoloridas que tienden a convertirse en lesiones húmedas con regiones cloróticas (Brown y Asemota, 2009)
3. *Xanthomonas campestris* pv. *dieffenbachiae*: mancha foliar bacteriana con anillos amarillos tornándose luego en necróticos (Pohronezny et al., 1983)



## Objetivos

1. Aislar e identificar los patógenos de origen fúngico y bacteriano que pueden afectar los cormos y cormelos de diferentes especies o genotipos de yautía (*Xanthosoma* spp.).
2. Determinar la gama de huéspedes de los patógenos de la yautía Selección Nazareno en otros géneros de tubérculos comestibles (batata, papa, ñame y yuca).
3. Evaluar a nivel poscosecha diferentes métodos de manejo, control químico y biológico para el control de los patógenos asociados a diferentes especies de yautía (*Xanthosoma* spp.).

### Materiales y Métodos

**Aislamiento e identificación de los patógenos de origen fúngico y bacteriano que pueden afectar los cormos y cormelos de diferentes especies o genotipos de yautía (*Xanthosoma spp.*).**

Se evaluaron siembras establecidas en la Estación Experimental Agrícola de Isabela de la Universidad de Puerto Rico. Se escogieron cormos y cormelos que presentaron lesiones o daños de siembras de la Selección Nazareno bajo el proyecto FITDA-23. Se aislaron y caracterizaron los patógenos de distintas lesiones, hundimiento o colapso de tejido, lesiones marrones húmedas o secas, entre otras, siguiendo los Postulados de Koch (Figura 3, Figura 4). Para aislar se realizó un lavado con agua para remover el exceso de suelo adherido a los cormos y cormelos. Luego, una desinfección con hipoclorito de sodio al 10% de blanqueador comercial (NaOCl) por diez minutos y tres lavados con agua destilada estéril por cinco minutos cada lavado. Posteriormente, se cortaron tejidos con 50% de lesión y 50% de tejido sano donde se dejaron en placas de agar de papa y dextrosa (APD, DifcoLab) y agar nutritivo (AN, DifcoLab) para el crecimiento fúngico y bacteriano, respectivamente.



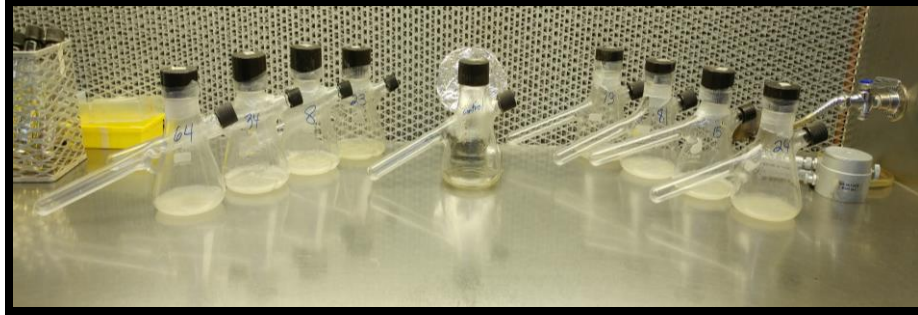
**Figura 3.** Lesiones en cormelos. A. Hundimiento del tejido, B. Corte transversal del hundimiento del tejido, C. Colapso de tejido, D. Corte transversal del colapso de tejido.



**Figura 4.** Lesiones encontradas en cormos. A. Corte transversal del tejido con lesiones de hundimiento en cormos. B. Corte de lesiones con colapso de tejido en cormos.

Finalmente, se purificaron los microorganismos que crecieron en las placas de agar de papa y dextrosa (APD), y se determinó la patogenicidad en la Selección Nazareno tanto en cormos como en cormelos.

La inoculación de hongos se realizó con dos discos de APD que contenían el crecimiento de los hongos. Los discos se realizaron con un sacabocado #3 y posteriormente se inocularon los tejidos sanos de yautía. El crecimiento de los hongos fue en APD por 7 días a 28°C. Las bacterias se activaron en AN por 24 horas a 28°C, luego se pasaron a 20 mL de caldo nutritivo en unos nefelos durante 24 horas en un “orbit shaker” Lab-Line Modelo 3520 a 1,000 revoluciones por minuto (Figura 6). Al cabo de las 24 horas todas las bacterias se estandarizaron a una absorbancia de 0.5 y a un largo de onda de 590nm. Las bacterias se inocularon utilizando 300 µL de suspensión (Figura 5). Se cortaron los cormos y cormelos de 3.81 centímetros de grosor, se inocularon los tejidos en placas Petri preparadas como cámara húmeda (Figura 7). Se tomaron los datos a los 7 días después de la inoculación. Se usó un diseño en bloques completos al azar (DBCA) con tres repeticiones. Finalmente, se re-aislaron los microorganismos de las lesiones en los tejidos para comprobar si la lesión que se observó proviene de los mismos microorganismos (Postulados de Koch). Por último, todos los microorganismos utilizados para las inoculaciones se preservaron en viales de 5 mL con 0.2 g de SílicaGel® esterilizado.



**Figura 5.** Suspensiones bacterianas estandarizadas en nefelos con 20 mililitros de caldo nutritivo a una absorbancia de 0.5 con un largo de onda de 590nm.



**Figura 6.** Suspensiones bacterianas contenidas en nefelos colocadas en un “Orbit Shaker” por 24 horas a 1,000 revoluciones por minuto.



**Figura 7.** Cámaras húmedas preparadas en placas Petri medianas con agua destilada estéril, papel tipo “kimwipe”, laminillas de cristal con envoltura de parafina.



















**Determinación de la gama de huéspedes de los patógenos de la yautía Selección Nazareno en otras especies de yautía y otros géneros de tubérculos comestibles (batata, papa, ñame y yuca).**

**A. Hongos aislados de lesiones en cormos y cormelos Sel. Nazareno**

**Pruebas de patogenicidad en distintas especies de yautía**

La gama de huéspedes de los organismos aislados de Nazareno se determinó en distintos genotipos de las especies de yautía: *X. atrovirens*, color amarillo; Kelly, Súper Kelly y Nazareno; *X. sagittifolium*, color blanco; Alela, Estela y el Híbrido F; *X. violaceum*, color violeta; Vinola, J y el Híbrido 138. Todas las inoculaciones se realizaron con tejido fresco, acabado de cosechar. Las especies tienen un periodo de cosecha diferente y hubo que realizar las inoculaciones en ciclos distintos, incluyendo a Nazareno en cada ciclo como especie indicadora. Los cormos y cormelos de cada especie de yautía se presentan en la Tabla 1. Los microorganismos de origen fúngico utilizadas fueron: *Aspergillus niger*, *Aspergillus terreus*, *Penicillium* spp., *Fusarium* spp., *Sclerotium rolfsii*, *Verticillium* spp. y un control. Por otro lado, se utilizaron ocho aislados de bacterias de alta virulencia en la Selección Nazareno; cuatro gram negativas y cuatro gram positivas, más un control. Se depositaron 300 µL de la suspensión con una pipeta encima de discos de tejidos y se realizó una lesión en el tejido con un palillo de dientes.

**Tabla 1.** Ilustraciones de los cormos y cormelos de las diferentes especies de yautía utilizados en las inoculaciones de hongos y bacterias.

Color de Pulpa	Variedad	Cormo	Cormelo
Amarilla	Kelly		
Amarilla	Súper Kelly		
Amarilla	Nazareno		
Blanca	Alela		
Blanca	Estela		
Blanca	Híbrido F		
Lila	Vinola		
Lila	J		
Lila	Híbrido 138		



## Prueba de patogenicidad en otros géneros de tubérculos comestibles

Los tubérculos comestibles tales como la batata, papa y ñame (Tabla 3) fueron comprados en supermercados. Las descripciones taxonómicas de las especies usadas en este estudio se encuentran en la Tabla 2. Las batatas son tipo mameya de Vidalia Brands® en Georgia. La papa es tipo amarilla, lo que le llaman “Yukon Gold Potatoes” de Golden Idaho® Potatoes en Idaho. El ñame de la especie *Dioscorea alata* proviene de la compañía Hill Brothers y se comercializa en Puerto Rico y Costa Rica. La yuca es tipo blanco de la variedad CM 3311 y fue cosechada en la EEA de Corozal (colección del Profesor Agenol González).






Los hongos y bacterias patógenas aisladas de la Selección Nazareno se inocularon *in vitro* en batata (*Ipomoea batata*), papa (*Solanum tuberosum*), ñame (*Dioscorea alata*), yuca (*Manihot esculenta*) y cormelos de yautía Sel. Nazareno (*Xanthosoma* sp.). Se realizó una desinfección con hipoclorito de sodio al 10% y tres lavados de agua destilada estéril por 10 minutos cada uno. Se prepararon placas Petri como cámara húmeda y se realizaron cortes transversales del tejido con un grosor de 3.81 centímetros (1.5 pulgadas). Dos pedazos de discos del tejido se sobrepusieron uno encima del otro luego de la inoculación. Se inocularon los tubérculos con dos discos del hongo en APD formados con un sacabocado #3. Para las bacterias se colocaron 300 µL de suspensión bacteriana a una absorbancia de 0.5 (largo de onda de 590nm) y se realizó una lesión con un palillo de dientes de punta fina. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con tres repeticiones para cada tubérculo.

**Tabla 2.** Descripción taxonómica de las diferentes raíces y tubérculos comestibles.

<b>Taxonomía</b>	<b>Batata</b>	<b>Papa</b>	<b>Ñame</b>	<b>Yuca</b>	<b>Yautía</b>
Reino	Plantae	Plantae	Plantae	Plantae	Plantae
División	Magnoliophyta	Magnoliophyta	Magnoliophyta	Magnoliophyta	Angiospermae
Clase	Magnoliopsida	Magnoliopsida	Liliopsida	Magnoliopsida	Liliopsida
Orden	Solanales	Solanales	Liliales	Malpighiales	Alismatales
Familia	Convolvulaceae	Solanaceae	Dioscoreaceae	Euphorbiaceae	Araceae
Género	<i>Ipomoea</i>	<i>Solanum</i>	<i>Dioscorea</i>	<i>Manihot</i>	<i>Xanthosoma</i>
Especie	<i>batatas</i>	<i>tuberosum</i>	<i>alata</i>	<i>esculenta</i>	<i>sagittifolium</i>
Variedad			Diamantes	CM 3311	Nazareno



**Tabla 3.** Tubérculos para las inoculaciones marcados en las áreas identificadas para el corte.

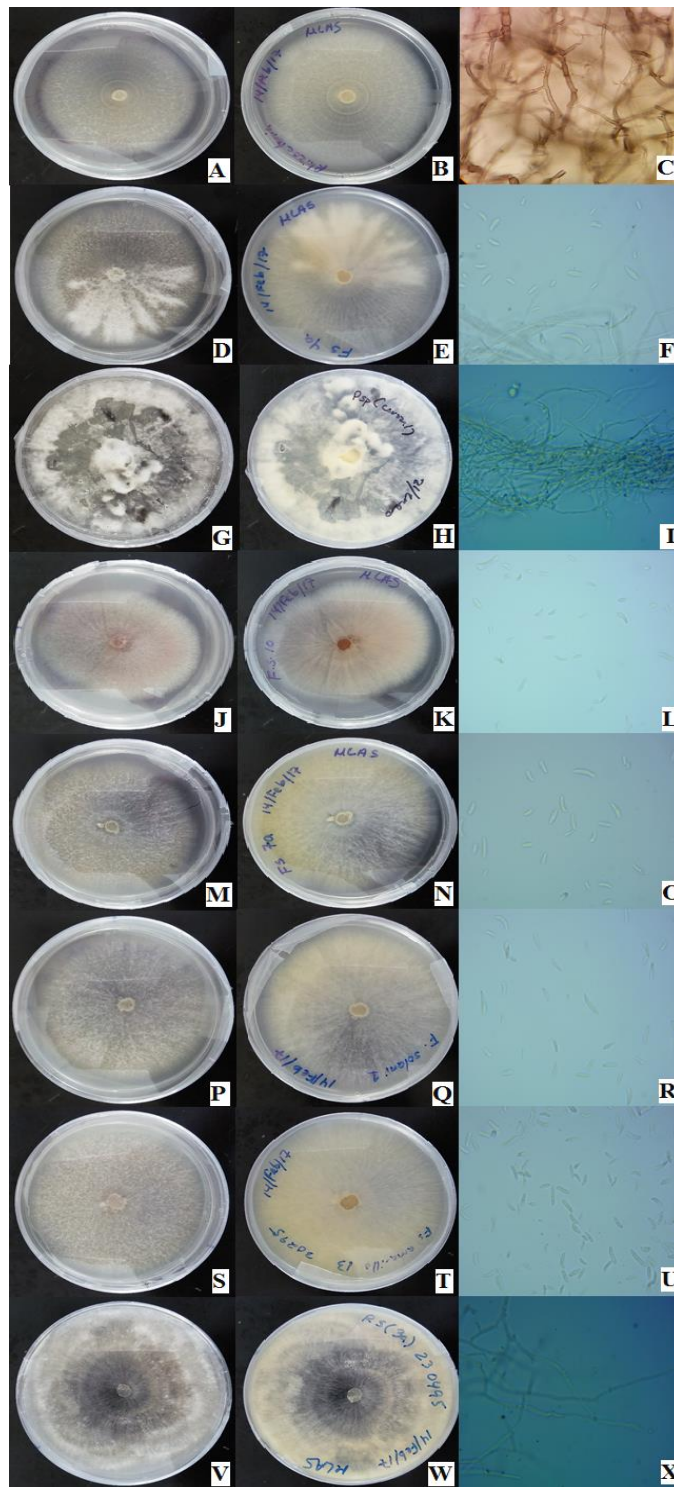
Nombre del tubérculo o raíz	Tubérculo o raíz
Batata	
Papa	
Ñame	
Yuca	
Nazareno	

**B. Hongos asociados al mal seco de la yautía de la colección de patógenos de la Dra.**

**M. Zapata**

Los hongos obtenidos de la colección de patógenos de *Xanthosoma* spp. (Mantenidos por la Dra. M. Zapata), se presentan en la Figura 8. Estos fueron: *Phytium* spp., *Fusarium solani* 1,

*Fusarium solani* 4a, *Fusarium solani* 7a, *Fusarium solani* 10, *Fusarium solani* (amarillo 30295), *Rhizoctonia* (Rs (3<sup>a</sup>) 230495) y *Rhizoctonia* spp. Se utilizaron raíces y tubérculos tales como yuca, papa, ñame, batata, cormos y cormelos de la Selección Nazareno.



**Figura 8.** Hongos crecidos en PDA mostrando el crecimiento tope/fondo y fotos microscópicas. A y B. Placa anverso y reverso de PDA *Rhizoctonia* spp. C. Micelio a 90°. D y E. Placa tope/fondo de F.s. 4a. F. Macroconidias. G y H. Placa tope/fondo de *Pythium* spp. I. Micelio. J y K. Placa tope/fondo de F.s. 10. L. Macro y microconidias. M y N. Placa tope/fondo de F.s. 7 a. O. Macroconidias. P y Q. Placa tope/fondo de *Fusarium solani* 1. R. Macroconidias. S y T. Placa tope/fondo de *Fusarium solani* 30295. U. Macro y microconidias. V y W. Placa tope/fondo de *Rhizoctonia solani* (Rs (3<sup>a</sup>) 230495. X. Micelio de *Rhizoctonia solani*.

**Evaluación a nivel poscosecha de diferentes métodos de manejo, control químico y biológico para el control de los patógenos asociados a diferentes especies de yautía (*Xanthosoma spp.*).**

A. Manejo poscosecha de cormos y cormelos provenientes de siembras comerciales de la Selección Nazareno

El objetivo de este experimento fue maximizar el tiempo de duración o longevidad de los cormos o cormelos. Usualmente lo que los agricultores hacen al cosechar es dejarlos en el suelo. Este trabajo utilizó cinco tratamientos entre controles químicos y biológicos para poder estudiar si el uso de alguno beneficia el tiempo de duración y la apariencia de los tejidos. También otra iniciativa fue levantarlos del suelo utilizando paletas plásticas para promover la aeración de los tejidos y evitar a su vez la degradación. Se realizaron las siguientes observaciones: 1. Duración de los cormos y cormelos mediante el uso de tratamientos aplicados a los tejidos, 2. Apariencia de los tejidos y 3. Longevidad de los tejidos sometidos a un manejo poscosecha diferente.

La cosecha se realizó en una siembra comercial de la Selección Nazareno establecidas en la Estación Experimental Agrícola de Isabela. Dicha siembra fue tratada al suelo con el producto comercial, BioPlex® que contiene hongos y bacterias antagonistas de hongos asociados al mal seco. Se escogieron los cormos y cormelos de mejor apariencia y se colocaron en un saco plástico tipo malla (Figura 9a). Se estimó un peso de entre 9.07 y 11.33 kilogramos (20-25 libras) con 6 cormos y 9.07 kilogramos (20 libras) para los cormelos (Figura 9b). Dentro de cada saco se tomaron tres muestras, se pesaron individualmente y se marcaron para continuar pesando los mismos tejidos cada dos semanas por tres meses.



**Figura 9.** A. Cosecha y selección de tejido sano de la Selección Nazareno (sacos con cormos de 9.07 a 11.33 kilogramos y cormelos de 9.07 kilogramos). B. Peso de sacos con cormos y cormelos para los experimentos bajo carpa y sin carpa (bajo el árbol). El total aproximado fue de 816.46 kilogramos para los cormos y 653.17 kilogramos para los cormelos.

Se utilizaron dos sacos de cormelos con 9.07 kilogramos (20 libras) cada saco, y dos sacos de cormos entre 9.07 y 11.33 kilogramos (20-25 libras) cada uno por cada paleta por cada tratamiento utilizado. Se utilizaron seis paletas, una por cada tratamiento con tres repeticiones. Cada paleta se dividió en dos para tener la mitad del espacio para los cormos y la otra mitad para los cormelos. Los tratamientos utilizados fueron los siguientes:

1. Control (sin lavar):

Se realizó la cosecha y los cormos y cormelos se les removió el exceso de tierra y se pasaron directamente al saco.

2. Kocide® (600 gramos) / 40 galones de H<sub>2</sub>O:

Contiene como ingrediente activo hidróxido de cobre, reportado y probado anteriormente en papa y actúa como fungicida de amplio espectro (Martin y

Hamilton, 2004). Se ha determinado como efectivo en algunos cultivos que puede ser de contacto y no deja residuos sintéticos. También funciona como fungicida contra Ascomycetos, hongos imperfectos, y algunos Basidiomycetos, y también actúa como bactericida.

3. Serenade<sup>®</sup> (1.89 litros = 0.50 galones) / 40 galones de H<sub>2</sub>O:

Es un biofungicida a base de *Bacillus subtilis*, tiene un modo peculiar de acción el cual evita que los microorganismos adquieran resistencia a dicho producto. El propósito de éste biofungicida es atacar a Deuteromycetos, Ascomycetes y Oomycetes. Su modo de acción se basa en evitar la germinación de las esporas de patógenos. Este producto además de controlar los hongos fitopatógenos, también produce una fitohormona llamada giberilina que promueve el crecimiento y vigor de la planta (Aguilar, 2003).

4. Peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) “Oxidate<sup>®</sup>” (378.50 mililitros = 12.8 onzas) / 40 galones de H<sub>2</sub>O:

Regula diferentes procesos fisiológicos y crea una estimulación en las defensas de las plantas debido a estrés biótico y abiótico (Sánchez y López, 2010). Se ha probado en tubérculos tales como papa y ñame contra fitoplasmas demostrando una reducción de dichos patógenos, un mejor rendimiento y calidad del producto. Es considerado como un regulador de expresión, molécula señal, estimula mecanismos de defensa en la planta contra estreses bióticos y abióticos, y es un potente óxido reductor de componentes celulares (Yu et al., 2002, 2003; Hung et al., 2005).

5. Hipoclorito de sodio (NaClO) “Clorox<sup>®</sup> comercial” (22.68 litros = 6 galones) / 30 galones de H<sub>2</sub>O:

Se utilizó la desinfección con hipoclorito de sodio al 20% por 10 minutos. El Clorox<sup>®</sup> tiene muchas aplicaciones en la propagación, producción, cosecha y manejo poscosecha (Anon, 1970; Bikomo, 1994). Las aplicaciones primarias reducen la redistribución y transmisión de los patógenos que se adhieren al suelo o aquellos patógenos que entran por heridas o aperturas naturales. El hipoclorito de sodio es muy utilizado debido a que es un producto muy efectivo en la desinfección, es económico en precio y se puede adquirir fácilmente.

6. Actigard<sup>®</sup> (8.87 mililitros = 0.3 onzas) / 40 galones de H<sub>2</sub>O:

El modo de acción del ingrediente activo Acibenzolar es que activa el sistema de defensa de la planta para evitar de manera preventiva el ataque por microorganismos. Se ha utilizado experimentalmente como tratamiento en el cultivo de enfermedades de yautía y los resultados han sido positivos (Zapata y Bosques, 2016).

Se utilizaron 5 drones plásticos para los tratamientos, se calculó la cantidad necesaria de los ingredientes para un total de 151.20 litros (40 galones) de agua con excepción del Clorox<sup>®</sup> comercial que se utilizaron 113.40 litros (30 galones) de agua para 22.68 litros (6 galones) de Clorox<sup>®</sup> (Figura 10). Se tomaron datos de peso y de la apariencia de los tejidos cada dos semanas por tres meses (febrero a mayo) bajo condiciones de temperatura que fluctuaron entre 72°F - 96 °F, con una humedad relativa entre 46-91% y ambos con la misma presión barométrica



de 29.92 mmHg. Siendo la temperatura para la carpa 80-96 °F y bajo árbol de 72 a 96 °F. La humedad relativa en la carpa fue de 50 a 91% y bajo árbol de 46 a 88%.



**Figura 10.** Aplicación de cinco tratamientos en drones. Los drones se utilizaron con Serenade®, Kocide®, Actigard®, Oxidate® y Clorox®.

Se utilizaron los predios de la Estación Experimental en Isabela. Se llevó a cabo un experimento bajo carpa y otro sin carpa, debajo de un árbol. Se utilizaron seis paletas plásticas de 121.92 cm x 99.06 cm bajo una carpa 609.6 cm x 304.8 cm, con tres repeticiones (Figura 11a). El diseño experimental fue un diseño en bloques completos al azar con parcelas divididas con tres repeticiones.



**Figura 11.** A. Carpa modificada con sacos de café para evitar la entrada excesiva de agua y Sol. B. Bajo árbol/Sin carpa mostrando tejidos tratados sobre paletas plásticas.

Para esta parte del proyecto se estudiaron cuáles fueron los tratamientos asociados a menor pérdida de peso por tres meses para los tejidos. Se estudió la pérdida de peso por doce



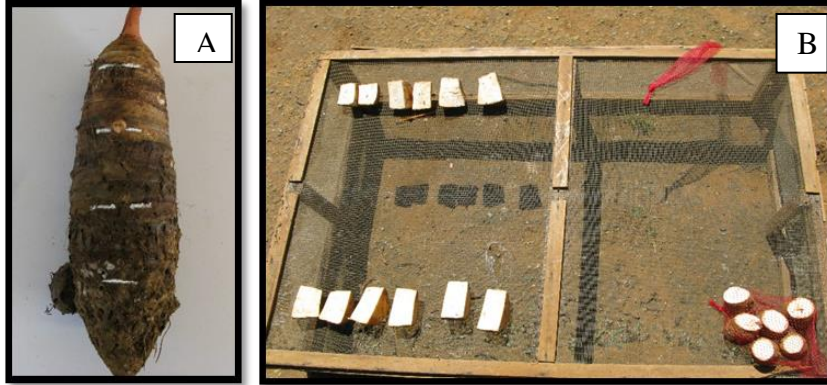
semanas y su apariencia usando un manejo poscosecha diferente. Luego se analizaron los datos de pérdida de peso de manera progresiva sumando semanalmente la pérdida de peso hasta la última toma de datos. Finalmente, se compararon los tratamientos según el ambiente (carpa o árbol) para así estudiar si el uso de la carpa tuvo algún beneficio o hay alguna diferencia que al exponerlos bajo la sombra de un árbol.

#### B. Pérdida de peso catorce días consecutivos

Por catorce días consecutivos se tomaron datos a diario de la pérdida de peso de cormos y cormelos sin lavar bajo carpa y sin carpa sobre paletas plásticas.

#### C. Germinación de cormos y cormelos (parte apical, central y distal)

De las mismas siembras comerciales en febrero de 2016 de la Selección Nazareno se utilizaron tres repeticiones de sacos de 9.07 kilogramos (20 libras) de cormelos y de 9.07 a 11.33 kilogramos (20-25 libras) de cormos para estudiar la pérdida de peso durante catorce días consecutivos. Cada mes se realizó una prueba de brotación con dos cormos y seis cormelos. Dicha prueba consistió de un lavado de hipoclorito de sodio (Clorox comercial al 10%) por 10 minutos. Los cormos se dividieron en tres partes: apical, central y distal, para comparar la germinación de cada parte (Figura 12a). Se cortaron en discos de 5.08 centímetros (1 pulgada y media) cada parte, se dividieron en dos pedazos con el fin de que cada mitad de disco tuviera una sola yema. En cuanto a los cormelos, se midieron y cortaron a 7.62 centímetros (3 pulgadas). En total se utilizaron seis yemas por cada cormo y seis cormelos. Luego se dejaron expuestos bajo el sol por dos horas para que el tejido suberizara (Figura 12b). Los tejidos se sembraron en tiestos con ProMix® (Figura 13) bajo riego y se tomaron los datos de las germinaciones cada cinco días.



**Figura 12.** A. Preparación de cormo desinfectado para prueba de germinación y marcado el corte de 5.08 centímetros para la zona apical, central y distal. B. Suberización de los tejidos cortados expuestos por dos horas bajo el Sol antes de sembrar.



**Figura 13.** Viabilidad de semillas. Se colocaron los pedazos de los dos cormos y los seis cormelos en tiestos con mezcla comercial ProMix®.

Para los cormos y cormelos se estimó la pérdida de peso y se clasificó la apariencia según la Tabla 4. Se midió la apariencia; con una escala de 1 al 5; donde el 5 es la mejor apariencia y el 1 es un producto inservible (Tabla 4).

**Tabla 4.** \*Escala de calificación para la apariencia de los cormos y cormelos

<b>Puntuación</b>	<b>Descripción de la apariencia</b>	<b>Otros</b>
5	Excelente; sin defectos	Sin estructuras de patógenos
4	Bueno; algunos defectos	Sin estructuras de patógenos
3	Regular; descartar algunas partes	Esclerocios/Micelio
2	Pobre, no mercadeable	Esclerocios/Micelio
1	Muy pobre; inservible	Esclerocios/Micelio

*\*Escala modificada de Bikomo, 1990; "Curing, wash water chlorination and packaging to improve the post-harvest quality of Xanthosoma spp."*

Todos los análisis se realizaron utilizando la diferencia mínima significativa de Fischer donde  $p < 0.05$ .

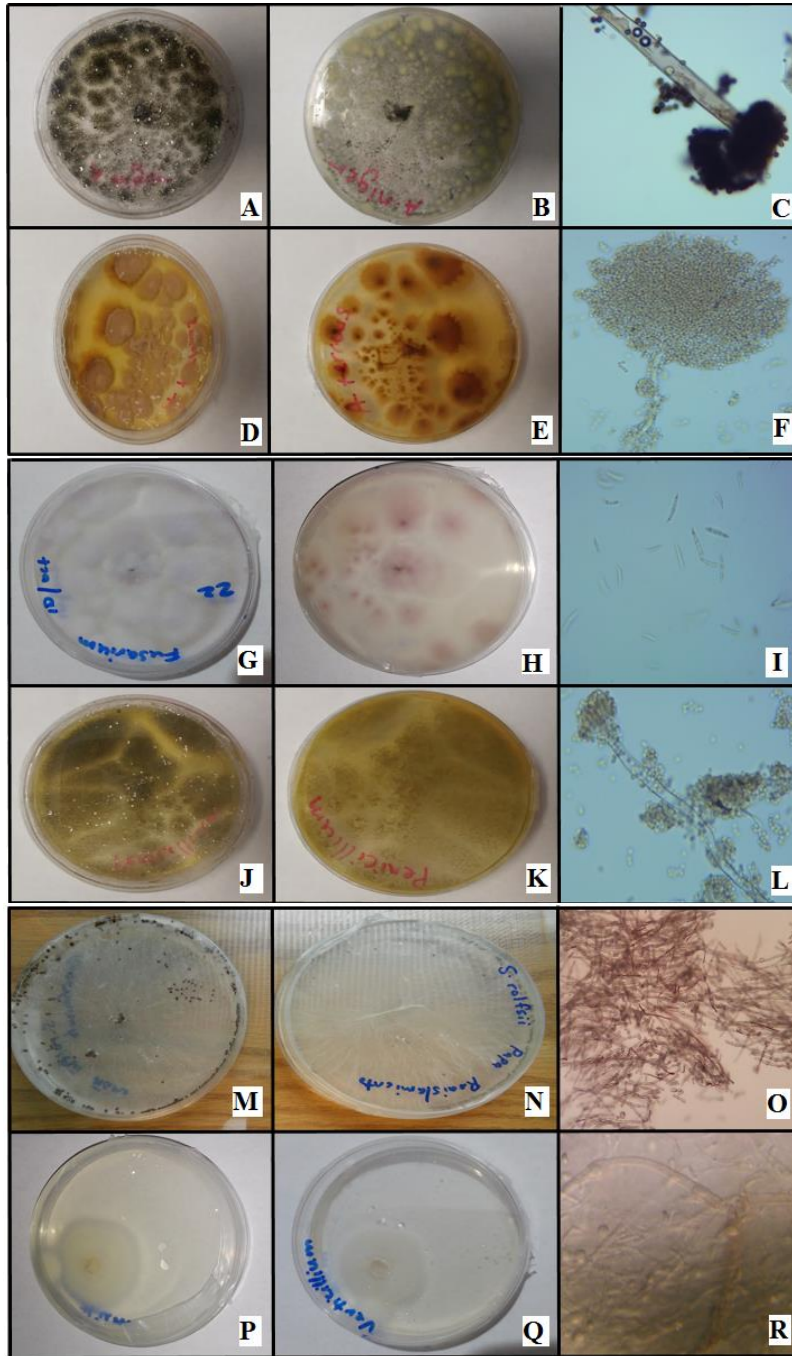
## Resultados

### 1. Aislamiento e identificación de los patógenos de origen fúngico y bacteriano que pueden afectar los cormos y cormelos de diferentes especies o genotipos de yautía (*Xanthosoma spp.*).

Los crecimientos fungosos obtenidos de lesiones blandas y colapsos de tejidos se identificaron según las morfologías macro y microscópicas fueron los siguientes (Figura 14):

#### Hongos Fitopatógenos identificados de lesiones blandas y colapso de tejidos

1. *Aspergillus niger*: Pudriciones blandas en yautía (Agu et al., 2014)
2. *Aspergillus terreus*: No se ha reportado en yautía hasta el presente
3. *Fusarium spp.*: Pudriciones secas en yautía (Hernández, 1996; Bejarano-Mendoza y Zapata, 1998; Agu et al., 2014)
4. *Penicillium spp.*: No se ha reportado en yautía
5. *Sclerotium rolfsii*: Pudriciones blandas y suaves de color marrón claro en yautía (Bejarano-Mendoza y Zapata, 1998; Chukwu, 2010)
6. *Verticillium spp.*: Causando podredumbre blanda en yautía (Pandukur et al., 2016)



**Figura 14.** Hongos cultivados en PDA mostrando el crecimiento en el tope/fondo de cada placa y vista microscópica. A y B. Placa de *Aspergillus niger*. C. Esporangio de *Aspergillus niger*. D y E. Placa de *Aspergillus terreus*. F. Esporangio *Aspergillus terreus*. G y H. Placa de *Fusarium* spp. I. Conidias de *Fusarium* spp. J y K. Placa de *Penicillium* spp. L. Conidióforo de *Penicillium* spp. M y N. Placa de *Sclerotium rolfsii*. O. Hifas de *Sclerotium rolfsii*. P y Q. Placa de *Verticillium* spp. R. Hifas de *Verticillium* spp.

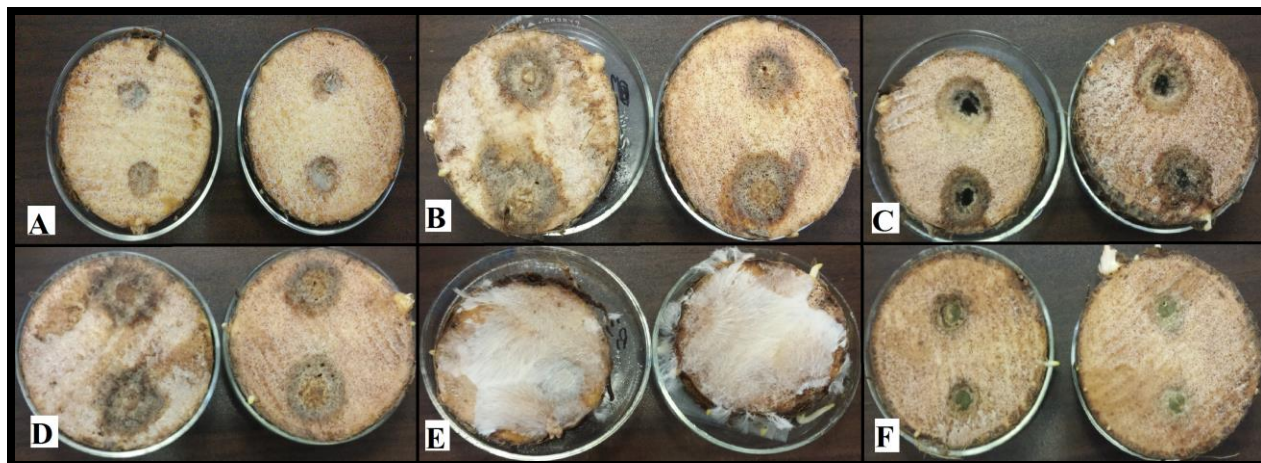
## Bacterias fitopatógenas

Las bacterias fitopatógenas utilizadas en las inoculaciones fueron aisladas de investigaciones anteriores bajo el proyecto Z-FIDA 23 de lesiones en raíces de cormos. La descripción de cada bacteria se muestra a continuación en la Tabla 5:

**Tabla 5.** Pruebas y descripción de bacterias fitopatógenas aisladas de raíces de cormos de yautía Sel. Nazareno.

Número de aislado	Tinción Gram	KOH al 3%	Catalasa	Oxidasa	Descripción de la Colonia	Tipo de célula
8	+	-	-	-	Redonda, lisa, flat	Coco
13	-	+	+	+	Irregular, redonda, elevada	Coco agregado
15	-	+	+	+	Redonda, lisa, elevada	Coco
23	+	-	+	-	Redonda, ondulado, elevada	Bacilo
24	-	+	-	+	Redonda, lisa, elevada	Estreptococo
34	+	-	+	+	Irregular, ondulada, elevada	Bacilo
64	-	+	+	+	Redonda, lisa, elevada	Coco agrupado
81	-	+	+	-	Concéntrica, lisa, plana	Diplococo

Al cabo de 7 días se leyeron las pruebas de patogenicidad observando las lesiones que causaron los patógenos y las medidas de ésta (Figura 15).



**Figura 15.** Lesiones observadas en discos de Nazareno inoculados con hongos en las pruebas de patogenicidad. A. *Fusarium* spp., B. *Verticillium* spp., C. *Aspergillus niger*, D. *Aspergillus terreus*, E. *Sclerotium rolfsii*, y F. *Penicillium* spp.

Se realizaron las pruebas de patogenicidad en tres especies de yautía distintas, para un total de nueve variedades de diferentes colores de pulpas: amarilla (3), blanca (3) y lila (3). Las primeras pruebas de patogenicidad fueron en las yautías amarillas tales como Nazareno, Kelly y Súper Kelly. Posteriormente, se realizaron las pruebas en las especies blancas: Alela, Estela y el Híbrido F. Por último, se realizaron las pruebas en especies lilas: Híbrido 138, J y Vinola. Todas las pruebas se realizaron en un DBCA de la variedad a inocular y de Nazareno para poder comparar la patogenicidad y virulencia. Las Tablas 6-23 muestran la especie inoculada en tejidos de cormos y cormelos junto con el orden de susceptibilidad de los patógenos asociados.

## 1. Variedades Amarillas

### A. Nazareno

**Tabla 6.** Pruebas de patogenicidad en cormos de Nazareno con herida y sin herida

Patógeno	Con herida (cm)	Sin herida (cm)
	Medias (DMS 2.90)	Media (DMS 2.20)
Control bacteria	0.00 a	—
Control hongo	0.00 a	0.00 a
<i>A. niger</i>	0.83 ab	0.83 ab
<i>Penicillium</i>	1.93 abc	1.83 ab
<i>A. terreus</i>	2.03 abc	1.50 ab
Bacteria 8	2.83 abcd	—
Bacteria 64	3.33 bcde	—
Bacteria 81	3.53 bcde	—
<i>Fusarium</i>	3.63 bcde	3.53 c
<i>Verticillium</i>	4.17 cdef	6.03 d
Bacteria 34	4.87 cdefg	—
<i>S. rolfsii</i>	5.00 defg	3.03 bc
Bacteria 13	5.60 defg	—
Bacteria 22	6.30 efg	—
Bacteria 15	6.97 fg	—
Bacteria 23	7.33 g	—

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ). La — representa que no se realizó inoculación.

**Tabla 7.** Pruebas de patogenicidad en cormelos de Nazareno con herida y sin herida

Patógeno	Con herida (cm)	Sin herida (cm)
	Medias (DMS 2.51)	Medias (DMS. 2.40)
Control hongo	0.00 a	0.00 a
Control bacteria	0.00 a	—
<i>A. terreus</i>	2.47 b	2.37 a
<i>Penicillium</i>	2.83 bc	2.93 a
<i>S. rolfsii</i>	3.10 bc	3.37 ab
Bacteria 34	3.33 bcd	—
<i>A. niger</i>	3.70 bcde	3.13 a
Bacteria 8	4.37 bcdef	—
Bacteria 15	4.83 bcdefg	—
Bacteria 22	5.07 cdefgh	—
<i>Verticillium</i>	5.67 defgh	5.43 b
Bacteria 64	5.87 efg	—
Bacteria 23	5.93 efg	—
<i>Fusarium</i>	6.30 fgh	5.33 b
Bacteria 13	7.00 gh	—
Bacteria 81	7.33 h	—



Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ). La — representa que no se realizó inoculación.

## B. Kelly

**Tabla 8.** Pruebas de patogenicidad en cormos de Kelly con herida y sin herida

Patógeno	Con herida (cm)	Sin herida (cm)
	Medias (DMS 3.35)	Medias (DMS 1.31)
Bacteria 34	0.00 a	—
Bacteria 8	0.00 a	—
Control bacteria	0.00 a	—
Control hongo	0.00 a	—
<i>Penicillium</i>	0.63 ab	0.00 a
<i>A. niger</i>	0.67 ab	0.00 a
Bacteria 15	0.90 ab	—
Bacteria 64	1.17 ab	—
<i>S. rolf sii</i>	1.33 ab	1.00 ab
<i>A. terreus</i>	1.73 ab	1.67 b
Bacteria 81	1.77 ab	—
<i>Fusarium</i>	1.80 ab	1.53 b
<i>Verticillium</i>	3.43 bc	1.53 b
Bacteria 23	3.43 bc	3.33 c
Bacteria 24	3.83 bc	—
Bacteria 13	5.93 c	—

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ). La — representa que no se realizó inoculación.

**Tabla 9.** Pruebas de patogenicidad en cormelos de Kelly con herida y sin herida

Patógeno	Con herida (cm)	Sin herida (cm)
	Medias (DMS 3.45)	Medias (DMS 1.86)
Bacteria 8	0.00 a	—
Control bacteria	0.00 a	—
Control hongo	0.00 a	0.00 a
Bacteria 81	0.50 ab	—
<i>Penicillium</i>	0.50 ab	0.33 a
<i>A. niger</i>	1.00 ab	0.97 a
Bacteria 13	1.03 ab	—
<i>S. rolf sii</i>	1.37 abc	0.33 a
Bacteria 64	1.50 abcd	—
Bacteria 22	2.00 abcd	—
Bacteria 23	2.07 abcd	—
Bacteria 34	2.40 abcd	—
<i>Verticillium</i>	3.80 bcd	3.43 b
Bacteria 15	3.80 bcd	—
<i>Fusarium</i>	4.57 cd	4.37 b
<i>A. terreus</i>	4.93 d	4.67 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ). La — representa que no se realizó inoculación.

### C. Súper Kelly

**Tabla 10.** Pruebas de patogenicidad en cormos de Súper Kelly con herida y sin herida

Patógeno	Con herida (cm)	Sin herida (cm)
	Medias (DMS 1.73)	Medias (DMS 1.41)
Control hongo	0.00 a	0.00 a
<i>Penicillium</i>	0.00 a	0.00 a
Bacteria 81	0.00 a	—
Bacteria 8	0.00 a	—
<i>A. niger</i>	0.00 a	—
Control bacteria	0.00 a	—
Bacteria 15	0.00 a	—
Bacteria 13	0.00 a	—
Bacteria 24	0.00 a	—
Bacteria 34	0.00 a	—
Bacteria 64	0.00 a	—
<i>A. terreus</i>	0.70 a	0.47 a
<i>Verticillium</i>	1.03 ab	1.33 a
Bacteria 23	1.07 ab	—
<i>Fusarium</i>	2.53 b	0.80 a
<i>S. rolfsii</i>	4.67 c	5.33 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ). La — representa que no se realizó inoculación.

**Tabla 11.** Pruebas de patogenicidad en cormelos de Súper Kelly con herida y sin herida

Patógeno	Con herida (cm)	Sin herida (cm)
	Medias (DMS 1.47)	Medias (DMS 0.81)
Bacteria 34	0.00 a	—
Bacteria 8	0.00 a	—
Bacteria 81	0.00 a	—
Bacteria 64	0.00 a	—
Control bacteria	0.00 a	—
Control hongo	0.00 a	0.00 a
Bacteria 13	0.00 a	—
Bacteria 24	0.00 a	—
<i>A. niger</i>	0.00 a	0.00 a
<i>Penicillium</i>	0.00 a	0.00 a
<i>S. rolfsii</i>	0.37 ab	0.67 ab
Bacteria 23	1.03 abc	—
<i>A. terreus</i>	1.07 abc	1.00 b
Bacteria 15	1.47 abc	—
<i>Fusarium</i>	1.83 bc	3.17 c
<i>Verticillium</i>	3.00 c	3.00 c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ). La — representa que no se realizó inoculación.

## 2. Variedades Blancas

### A. Alela

**Tabla 12.** Pruebas de patogenicidad en cormos de Alela con herida y sin herida

Patógeno	Con herida (cm)	Sin herida (cm)
	Medias (DMS 1.03)	Medias (DMS 0.78)
Bacteria 24	0.00 a	—
Bacteria 23	0.00 a	—
Bacteria 13	0.00 a	—
Bacteria 15	0.00 a	—
Control hongo	0.00 a	0.00 a
Control bacteria	0.00 a	—
<i>Penicillium</i>	0.00 a	0.00 a
Bacteria 81	0.00 a	—
Bacteria 34	0.00 a	—
Bacteria 64	0.00 a	—
Bacteria 8	0.00 a	—
<i>Fusarium</i>	0.33 a	0.37 a
<i>A. terreus</i>	0.73 ab	0.67 ab
<i>A. niger</i>	1.53 b	1.37 b
<i>Verticillium</i>	2.60 c	2.30 c
<i>S. rolfsii</i>	7.10 d	5.70 d

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ). La — representa que no se realizó inoculación.

**Tabla 13.** Pruebas de patogenicidad en cormelos de Alela con herida y sin herida

Patógeno	Con herida (cm)	Sin herida (cm)
	Medias (DMS 1.57)	Medias (DMS 1.49)
Bacteria 64	0.00 a	—
Bacteria 24	0.00 a	—
Bacteria 23	0.00 a	—
Bacteria 15	0.00 a	—
Control bacteria	0.00 a	—
Control hongo	0.00 a	0.00 a
Bacteria 81	0.00 a	—
<i>Penicillium</i>	0.00 a	0.00 a
Bacteria 8	0.97 ab	—
<i>A. niger</i>	1.63 bc	1.83 b
<i>A. terreus</i>	1.90 bc	1.40 b
<i>Fusarium</i>	2.80 c	3.03 bc
Bacteria 34	2.97 cd	—
Bacteria 13	4.53 de	—
<i>S. rolfsii</i>	5.23 e	5.23 d
<i>Verticillium</i>	5.60 e	3.43 c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ). La — representa que no se realizó inoculación.

## B. Estela

**Tabla 14.** Pruebas de patogenicidad en cormos de Estela con herida y sin herida

Patógeno	Con herida (cm)	Sin herida (cm)
	Medias (DMS 2.16)	Medias (DMS 2.00)
<i>A. terreus</i>	0.00 a	0.00 a
<i>A. niger</i>	0.00 a	0.00 a
Bacteria 81	0.00 a	—
<i>Fusarium</i>	0.00 a	0.00 a
Control hongo	0.00 a	0.00 a
Control bacteria	0.00 a	—
Bacteria 8	0.00 a	—
Bacteria 24	0.00 a	—
Bacteria 34	0.00 a	—
Bacteria 64	0.00 a	—
<i>Penicillium</i>	0.00 a	0.00 a
Bacteria 23	0.00 a	—
Bacteria 13	0.00 a	—
<i>Verticillium</i>	0.50 a	0.50 a
Bacteria 15	1.13 ab	—
<i>S. rolf sii</i>	2.73 b	2.73 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ). La — representa que no se realizó inoculación.

**Tabla 15.** Pruebas de patogenicidad en cormelos de Estela con herida y sin herida

Patógeno	Con herida (cm)	Sin herida (cm)
	Medias (DMS 1.61)	Medias (DMS 0.59)
Control bacteria	0.00 a	—
<i>A. niger</i>	0.00 a	—
Bacteria 81	0.00 a	—
<i>S. rolf sii</i>	0.00 a	0.00 a
<i>Penicillium</i>	0.00 a	0.00 a
Control hongo	0.00 a	0.00 a
Bacteria 64	0.00 a	0.00 a
Bacteria 24	0.00 a	—
Bacteria 23	0.00 a	—
Bacteria 13	0.00 a	—
<i>Fusarium</i>	0.80 a	0.57 a
<i>A. terreus</i>	0.87 a	0.50 a
<i>Verticillium</i>	1.17 a	0.53 a
Bacteria 34	3.33 b	—
Bacteria 15	4.00 b	—
Bacteria 8	4.53 b	—

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ). La — representa que no se realizó inoculación.

### C. Híbrido F

**Tabla 16.** Pruebas de patogenicidad en cormos de Híbrido F con herida y sin herida

Patógeno	Con herida (cm)	Sin herida (cm)
	Medias (DMS 1.21)	Medias (DMS 1.15)
Bacteria 64	0.00 a	—
Bacteria 8	0.00 a	—
Bacteria 81	0.00 a	—
Control bacteria	0.00 a	—
Control hongo	0.00 a	0.00 a
Bacteria 13	0.00 a	—
Bacteria 15	0.00 a	—
Bacteria 23	0.00 a	—
Bacteria 34	0.00 a	—
Bacteria 24	0.00 a	—
<i>Penicillium</i>	0.00 a	0.00 a
<i>A. terreus</i>	2.10 b	2.03 bc
<i>Fusarium</i>	2.13 b	1.53 b
<i>Verticillium</i>	2.77 b	2.93 cd
<i>A. niger</i>	4.20 c	3.93 d
<i>S. rolfsii</i>	6.93 d	6.57 e

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ). La — representa que no se realizó inoculación.

**Tabla 17.** Pruebas de patogenicidad en cormelos de Híbrido F con herida y sin herida

Patógeno	Con herida (cm)	Sin herida (cm)
	Medias (DMS 1.47)	Medias (DMS 0.46)
Control hongo	0.00 a	0.00 a
Control bacteria	0.00 a	—
Bacteria 15	0.00 a	—
Bacteria 8	0.00 a	—
Bacteria 34	0.00 a	—
Bacteria 23	0.00 a	—
Bacteria 24	0.67 b	—
Bacteria 81	1.30 b	—
<i>Fusarium</i>	1.43 b	1.60 b
Bacteria 64	2.03 c	—
<i>S. rolfsii</i>	2.13 c	0.00 a
<i>Verticillium</i>	2.33 cd	2.20 c
<i>A. niger</i>	2.43 cd	2.90 d
<i>Penicillium</i>	2.53 d	1.70 bc
<i>A. terreus</i>	2.80 de	2.20 c
Bacteria 13	3.20 e	—

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ). La — representa que no se realizó inoculación.

### 3. Variedades Lila

#### A. Híbrido 138

**Tabla 18.** Pruebas de patogenicidad en cormos de Híbrido 138 con herida y sin herida

Patógeno	Con herida (cm)	Sin herida (cm)
	Medias (DMS 0.42)	Medias (DMS 0.42)
Bacteria 15	0.00 a	—
Bacteria 13	0.00 a	—
Bacteria 24	0.00 a	—
Bacteria 23	0.00 a	—
<i>Fusarium</i>	0.00 a	0.00 a
<i>S. rolfsii</i>	0.00 a	0.00 a
Control bacteria	0.00 a	—
Control hongo	0.00 a	0.00 a
Bacteria 8	0.00 a	—
Bacteria 64	0.00 a	—
Bacteria 34	0.00 a	—
Bacteria	0.00 a	—
<i>A. terreus</i>	0.00 a	0.00 a
<i>Penicillium</i>	0.00 a	0.00 a
<i>A. niger</i>	0.57 b	0.57 b
<i>Verticillium</i>	1.70 c	1.27 c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ). La — representa que no se realizó inoculación.

**Tabla 19.** Pruebas de patogenicidad en cormelos de Híbrido 138 con herida y sin herida

Patógeno	Con herida (cm)	Sin herida (cm)
	Medias (DMS 1.76)	Medias (DMS 1.00)
Bacteria 24	0.00 a	—
Bacteria 34	0.00 a	—
Bacteria 64	0.00 a	—
Bacteria 23	0.00 a	—
Bacteria 13	0.00 a	—
Control bacteria	0.00 a	—
<i>Fusarium</i>	0.00 a	0.00 a
Bacteria 15	0.00 a	—
<i>A. niger</i>	0.00 a	0.00 a
Control hongo	0.00 a	0.00 a
<i>A. terreus</i>	0.00 a	0.00 a
<i>Penicillium</i>	0.00 a	0.00 a
Bacteria 8	1.83 b	—
Bacteria 81	2.03 b	—
<i>Verticillium</i>	2.87 b	2.20 b
<i>S. rolfsii</i>	5.00 c	4.67 c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ). La — representa que no se realizó inoculación.

### B. J

**Tabla 20.** Pruebas de patogenicidad en cormos de J con herida y sin herida

Patógeno	Con herida (cm) Medias (DMS 0.75)	Sin herida (cm) Medias (DMS 0.61)
Bacteria 24	0.00 a	—
Bacteria 23	0.00 a	—
Bacteria 13	0.00 a	—
Bacteria 15	0.00 a	—
Control hongo	0.00 a	0.00 a
Control bacteria	0.00 a	—
<i>Fusarium</i>	0.00 a	0.00 a
<i>Penicillium</i>	0.00 a	0.00 a
Bacteria 8	0.00 a	—
Bacteria 64	0.00 a	—
Bacteria 34	0.00 a	—
Bacteria 81	0.00 a	—
<i>Verticillium</i>	0.00 a	0.00 a
<i>A. terreus</i>	1.13 b	0.97 b
<i>A. niger</i>	2.57 c	2.67 c
<i>S. rolfsii</i>	7.17 d	7.17 d

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ). La — representa que no se realizó inoculación.

**Tabla 21.** Pruebas de patogenicidad en cormelos de J con herida y sin herida

Patógeno	Con herida (cm) Medias (DMS 1.04)	Sin herida (cm) Medias (DMS 1.13)
Bacteria 24	0.00 a	—
Bacteria 13	0.00 a	—
Bacteria 64	0.00 a	—
<i>Penicillium</i>	0.00 a	0.00 a
Control bacteria	0.00 a	—
Control hongo	0.00 a	0.00 a
Bacteria 34	0.00 a	—
<i>Fusarium</i>	0.00 a	0.00 a
<i>Verticillium</i>	0.00 a	0.00 a
<i>A. niger</i>	1.57 b	1.37 b
<i>A. terreus</i>	2.17 bc	1.77 b
Bacteria 15	2.33 bc	—
Bacteria 23	2.80 c	—
Bacteria 81	3.17 c	—
Bacteria 8	3.17 c	—
<i>S. rolfsii</i>	6.70 d	5.20 c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ). La — representa que no se realizó inoculación.

### C. Vinola

**Tabla 22.** Pruebas de patogenicidad en cormos de Vinola con herida y sin herida

Patógeno	Con herida (cm) Medias (DMS 1.71)	Sin herida (cm) Medias (DMS 0.94)
Bacteria 24	0.00 a	—
Bacteria 23	0.00 a	—
Bacteria 13	0.00 a	—
Bacteria 15	0.00 a	—
<i>Fusarium</i>	0.00 a	0.00 a
<i>Penicillium</i>	0.00 a	0.00 a
<i>A. terreus</i>	0.00 a	0.00 a
Control bacteria	0.00 a	—
Control hongo	0.00 a	0.00 a
Bacteria 34	0.00 a	—
Bacteria 64	0.00 a	—
Bacteria 8	0.00 a	—
Bacteria 81	0.00 a	—
<i>Verticillium</i>	0.00 a	0.00 a
<i>A. niger</i>	2.20 b	2.00 b
<i>S. rolfsii</i>	4.23 c	2.33 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ). La — representa que no se realizó inoculación.

**Tabla 23.** Pruebas de patogenicidad en cormelos de Vinola con herida y sin herida

Patógeno	Con herida (cm) Medias (DMS 1.43)	Sin herida (cm) Medias (DMS 0.65)
Bacteria 81	0.00 a	—
Bacteria 64	0.00 a	—
<i>Penicillium</i>	0.00 a	0.00 a
<i>Fusarium</i>	0.00 a	0.00 a
Control hongo	0.00 a	0.00 a
Control bacteria	0.00 a	—
Bacteria 23	0.00 a	—
Bacteria 24	0.00 a	—
<i>Verticillium</i>	0.00 a	0.00 a
Bacteria 34	1.87 b	—
<i>A. terreus</i>	2.47 bc	2.17 b
<i>A. niger</i>	2.57 bc	2.10 b
Bacteria 15	2.83 bc	—
Bacteria 8	2.87 bc	—
<i>S. rolfsii</i>	3.50 cd	3.60 c
Bacteria 13	4.63 d	—

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ). La — representa que no se realizó inoculación.



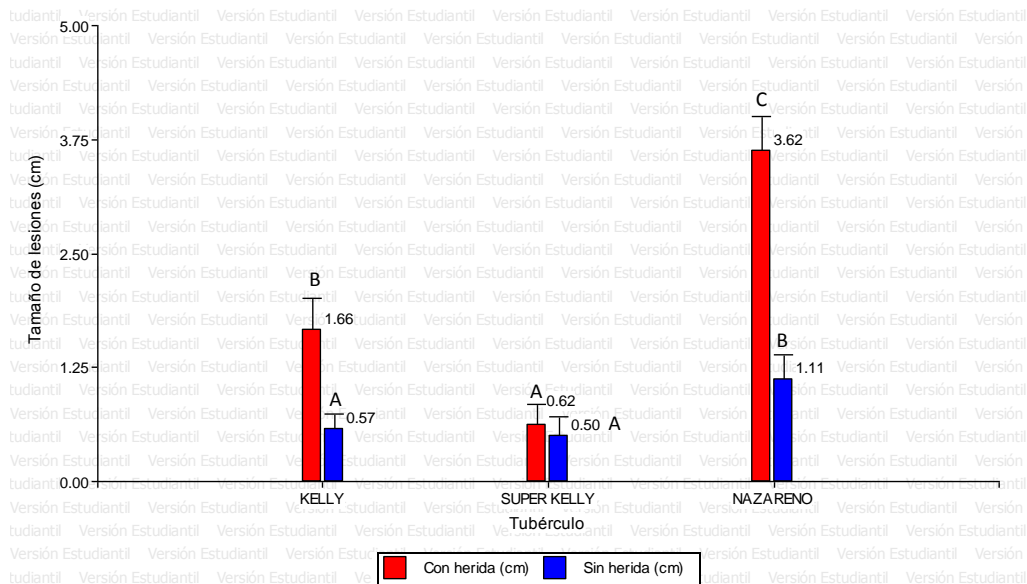
**Tabla 24.** Resumen de los hongos y bacterias de mayor virulencia en las inoculaciones con y sin herida según las Tablas 6 a la 23.

<b>Variedad</b>	<b>Tejido</b>	<b>Inoculación con herida Trat/media (cm)</b>	<b>Inoculación sin herida – Trat/media (cm)</b>
<b>Amarilla</b>			
Nazareno	Cormo	Bacteria 23 / 7.33 <i>S. rolfsii</i> / 5.00	<i>Verticillium</i> spp. / 6.03
	Cormelo	Bacteria 81/7.33 <i>Fusarium</i> spp. / 6.30	<i>Verticillium</i> spp. / 5.53 <i>Fusarium</i> spp. / 5.33
Kelly	Cormo	Bacteria 13 / 5.93 <i>Verticillium</i> spp. / 3.43	<i>Verticillium</i> spp. / 3.33
Kelly	Cormelo	<i>Aspergillus terreus</i> / 4.93 Bacteria 15 / 3.80	<i>Aspergillus terreus</i> / 4.67 <i>Fusarium</i> spp. / 4.37 <i>Verticillium</i> spp. / 3.43
Súper Kelly	Cormo	<i>Sclerotium rolfsii</i> / 4.67 Bacteria 23 / 1.07	<i>Sclerotium rolfsii</i> / 5.33
Súper Kelly	Cormelo	<i>Verticillium</i> spp. / 3.00 Bacteria 15 / 1.47 Bacteria 23 / 1.03	<i>Sclerotium rolfsii</i> / 5.23
<b>Blanca</b>			
Alela	Cormo	<i>Sclerotium rolfsii</i> / 7.10	<i>Sclerotium rolfsii</i> / 5.70
Alela	Cormelo	<i>Verticillium</i> spp. / 5.60 <i>Sclerotium rolfsii</i> / 5.23 Bacteria 13 / 4.53	<i>Sclerotium rolfsii</i> / 5.23
Estela	Cormo	<i>Sclerotium rolfsii</i> / 2.73 Bacteria 15 / 1.13	<i>Sclerotium rolfsii</i> / 2.73
Estela	Cormelo	Bacteria 8 / 4.53	<i>Fusarium</i> spp. / 0.57

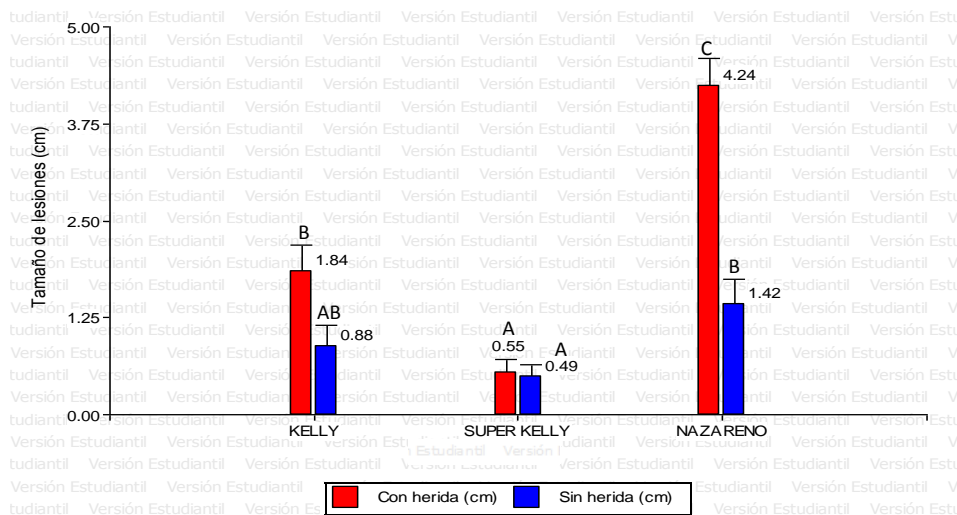
		Bacteria 15 / 4.00	<i>Fusarium</i> / 0.57
		Bacteria 34 / 3.33	<i>Aspergillus terreus</i> / 0.50
		<i>Verticillium</i> spp. / 1.17	<i>Verticillium</i> spp. / 0.33
		<i>Aspergillus terreus</i> / 0.87	
		<i>Fusarium</i> spp. / 0.80	
Híbrido F	Cormo	<i>Sclerotium rolfsii</i> / 6.93	<i>Sclerotium rolfsii</i> / 6.57
Híbrido F	Cormelo	Bacteria 13 / 3.20	<i>A. niger</i> / 2.90
<b>Lila</b>			
Híbrido 138	Cormo	<i>Verticillium</i> spp. / 1.70	<i>Verticillium</i> spp. / 1.27
Híbrido 138	Cormelo	<i>Sclerotium rolfsii</i> / 5.00	<i>Sclerotium rolfsii</i> / 4.67
		Bacteria 81 / 2.03	
J	Cormo	<i>Sclerotium rolfsii</i> / 7.17	<i>Sclerotium rolfsii</i> / 7.17
J	Cormelo	<i>Sclerotium rolfsii</i> / 6.70	<i>Sclerotium rolfsii</i> / 5.20
		Bacteria 8 / 3.17	
		Bacteria 81 / 3.17	
		Bacteria 23 / 2.80	
Vinola	Cormo	<i>Sclerotium rolfsii</i> / 4.23	<i>Sclerotium rolfsii</i> / 2.33
Vinola	Cormelo	Bacteria 13 / 4.63	<i>Sclerotium rolfsii</i> / 3.60
		<i>Sclerotium rolfsii</i> / 3.50	

La mayoría de las especies de yautía fueron susceptibles a *Sclerotium rolfsii* y a *Verticillium* spp. Las susceptibilidades de las especies amarillas se presentan en (Figuras 16 y 17), blancas (Figuras 18 y 19) y lilas (Figuras 20 y 21) en tejidos de cormos y cormelos comparados con la selección Nazareno teniendo en consideración con herida y sin herida. Por otro lado, las bacterias 8, 13, 81 y 23 también fueron patogénicas.

## Especies de pulpa amarilla



**Figura 16.** Susceptibilidad de cormos inoculados con hongos y bacterias con heridas y sin heridas de las especies amarillas Súper Kelly, Kelly y Nazareno.

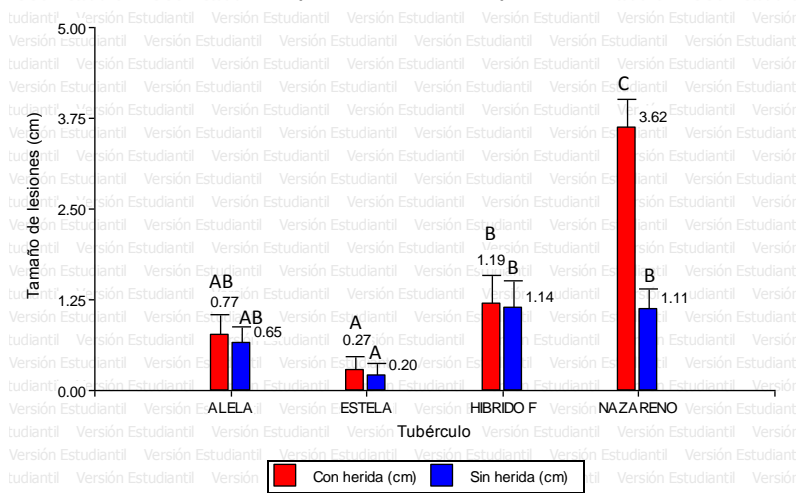


**Figura 17.** Susceptibilidad de cormelos inoculados con hongos y bacterias con heridas y sin heridas de las especies amarillas Súper Kelly, Kelly y Nazareno.

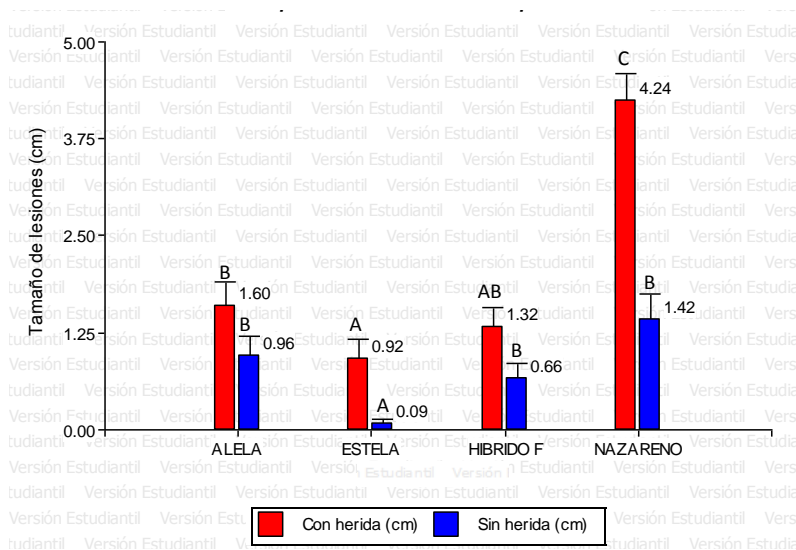
Por lo tanto, los cormos y cormelos con herida tuvieron diferencia significativa en las tres especies teniendo menos severidad a Súper Kelly, Kelly y el más susceptible a Nazareno. Por

otro lado, cuando los tejidos se inocularon sin herida Súper Kelly y Kelly no tuvieron diferencias significativas entre sí, pero sí hubo diferencia significativa con Nazareno.

### Especies de pulpa blanca



**Figura 18.** Susceptibilidad de cormos inoculados con hongos y bacterias con heridas y sin heridas de las especies blancas (Estela, Alela, Híbrido F) versus Nazareno.

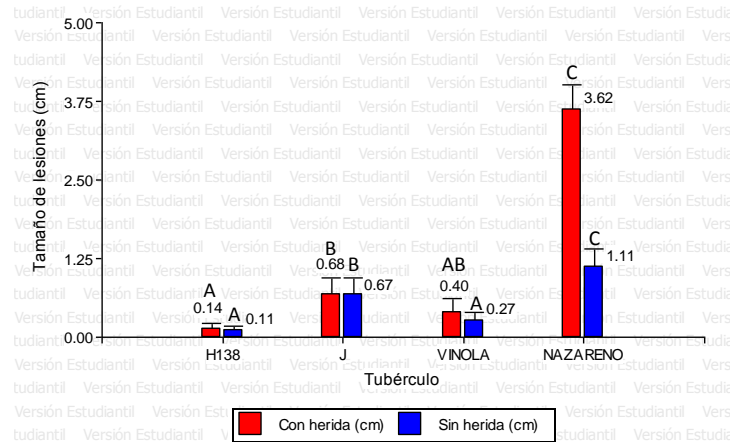


**Figura 19.** Susceptibilidad de cormelos inoculados con hongos y bacterias con heridas y sin heridas de las especies blancas (Estela, Alela, Híbrido F) versus Nazareno.

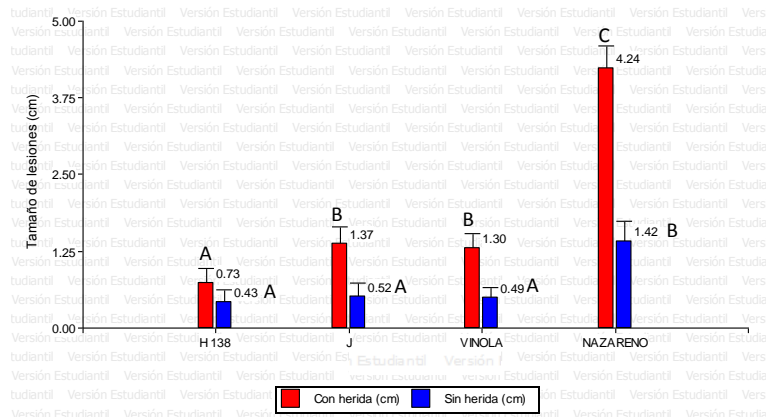
Los cormos de las especies blancas en el orden de menor a mayor susceptibilidad es el siguiente: Estela, Alela y el Híbrido F comparado con Nazareno que es el más susceptible. En el caso de los cormelos el orden es el siguiente Estela, Híbrido F, Alela y Nazareno. Por lo que

podemos observar que los cormelos del híbrido F son más susceptibles que los cormos. Nazareno siempre tuvo diferencia significativa mayor con respecto a todas las especies blancas.

### Especies de pulpa lila



**Figura 20.** Susceptibilidad de cormos inoculados con hongos y bacterias con heridas y sin heridas de las especies lilas (Híbrido 138, Vinola, J) versus Nazareno.



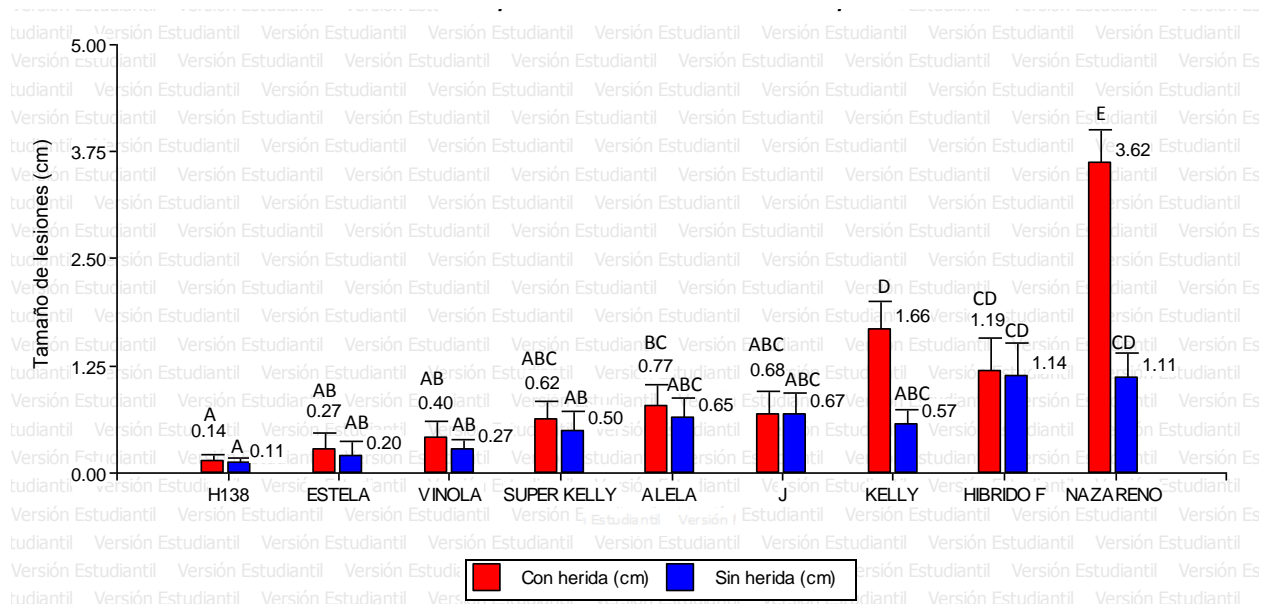
**Figura 21.** Susceptibilidad de cormelos inoculados con hongos y bacterias con heridas y sin heridas de las especies lilas (Híbrido 138, Vinola, J) versus Nazareno

Las especies de pulpa color lila mostraron el orden de susceptibilidad de la siguiente manera: Híbrido 138, Vinola y J sin diferencias significativas entre sí y más resistente que Nazareno. Para los cormos solamente hubo diferencia cuando está sin heridas que hay diferencias entre las tres especies versus la Nazareno. En cambio, en los cormelos las tres

especies no tuvieron diferencia significativa entre sí, solamente versus la Nazareno. Posteriormente se realizó un análisis de todas las especies juntas para poder estudiar la susceptibilidad de todas. Las siguientes figuras muestran la tendencia de susceptibilidad de todas las especies versus Nazareno.

### Cormos de todas las especies

A continuación, se presentan la reacción de los cormos de todas las especies para realizar una comparación de susceptibilidad entre ellas. Se muestran cormos con herida y cormos sin herida (Figura 22). También se presentan los cormos de todas las especies con herida y sin herida (Figura 23).

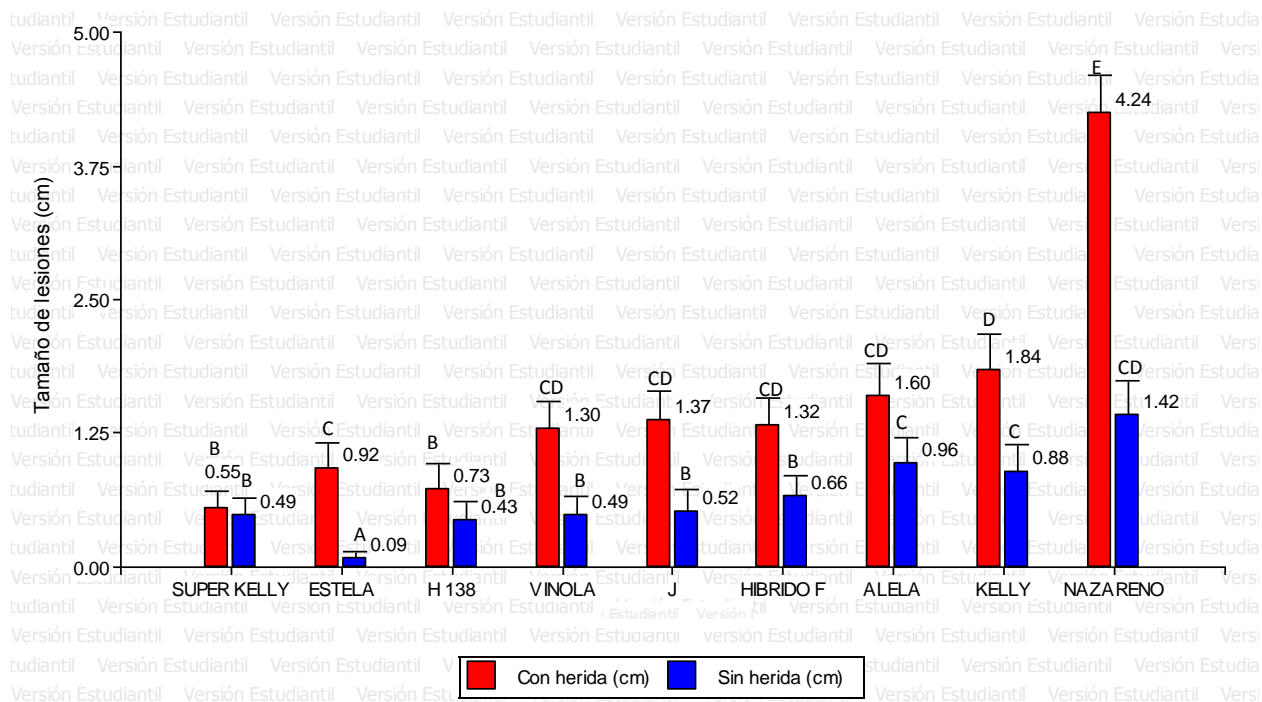


**Figura 22.** Susceptibilidad de cormos inoculados con hongos y bacterias con heridas y sin heridas de todas las especies de yautía.

El análisis con respecto a todas las especies mostró que en cormos inoculados con herida se mantiene aproximadamente la misma tendencia en susceptibilidad con excepción de que en los cormos sin herida el Híbrido F es tan susceptible como Nazareno. El orden de susceptibilidad de menor a mayor es Híbrido 138 (lila), Estela (blanca), Vinola (lila), Súper Kelly (amarilla), J

(lila), Alela (blanca), Híbrido F (blanca), Kelly (amarilla) y Nazareno (amarilla). Estudiando el orden de susceptibilidad se puede decir que los ordenes de especies de menor a mayor susceptibilidad son: lila, blanca y amarilla.

### Cormelos de todas las especies



**Figura 23.** Susceptibilidad de cormelos inoculados con hongos y bacterias con heridas y sin heridas de todas las especies de yautía.

En los cormelos el orden de susceptibilidad es el siguiente: Estela (blanca), Híbrido 138 (lila), Súper Kelly (amarilla), Vinola (lila), J (lila), Híbrido F (blanca), Kelly (amarilla), Alela (blanca) y Nazareno (amarilla). Por lo tanto, el orden de susceptibilidad de especies es el siguiente: lila, blanca y amarilla.

Los resultados de cormos y cormelos inoculados con herida y sin herida muestran que el orden de las especies de menor a mayor susceptibilidad son las siguientes: lila, blanca y amarilla.

**Determinación de la gama de huéspedes de los patógenos de la yautía Selección Nazareno en otros géneros de tubérculos comestibles (batata, papa, ñame y yuca).**

Las pruebas se realizaron en tubérculos importados de batata, papa y ñame. La yuca blanca variedad CM 3311 fue cosechada en la Estación Experimental de Corozal. Las Tablas 25-30 muestran los agentes patogénicos en distintos tubérculos comestibles.

**Batata**

**Tabla 25.** Pruebas de patogenicidad en batata inoculada con herida y sin herida

Patógeno	Con herida (cm)	Sin herida (cm)
	Medias (DMS 1.91)	Medias (DMS 0.82)
Bacteria 8	0.00 a	—
Bacteria 81	0.00 a	—
Control hongo	0.00 a	—
Control bacteria	0.00 a	—
<i>Penicillium</i>	0.00 a	—
Bacteria 64	0.00 a	—
Bacteria 13	0.00 a	—
Bacteria 23	0.00 a	—
Bacteria 34	0.00 a	—
<i>Verticillium</i>	0.33 ab	0.20 ab
<i>S. rolfsii</i>	0.60 ab	0.93 bc
<i>Fusarium</i>	0.70 ab	0.67 ab
<i>A. terreus</i>	1.40 ab	1.70 cd
Bacteria 24	1.53 ab	—
Bacteria 15	2.00 b	—
<i>A. niger</i>	2.23 b	1.93 d

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ). La — representa que no se realizó inoculación.

**Papa**

**Tabla 26.** Pruebas de patogenicidad en papa inoculada con herida y sin herida

Patógeno	Con herida (cm)	Sin herida (cm)
	Medias (DMS 1.63)	Medias (DMS 1.30)
Control bacteria	0.00 a	—
Control hongo	0.00 a	0.00 a
Bacteria 23	0.00 a	—
Bacteria 13	0.00 a	—



Bacteria 15	0.00 a	—
Bacteria 81	0.00 a	—
Bacteria 8	0.00 a	—
Bacteria 34	0.00 a	—
<i>Fusarium</i>	0.90 ab	1.00 ab
<i>Penicillium</i>	1.00 ab	0.97 ab
<i>A. terreus</i>	1.73 b	1.37 b
<i>A. niger</i>	2.10 b	1.00 ab
Bacteria 64	2.50 b	—
<i>Verticillium</i>	5.00 c	4.27 c
Bacteria 24	5.40 c	—
<i>S. rolfsii</i>	5.50 c	5.50 c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ). La — representa que no se realizó inoculación.

### Ñame

**Tabla 27.** Pruebas de patogenicidad en ñame inoculado con herida y sin herida

Patógeno	Con herida (cm)	Sin herida (cm)
	Medias (DMS 2.06)	Medias (DMS 1.00)
Bacteria 64	0.00 a	—
Bacteria 8	0.00 a	—
Control bacteria	0.00 a	—
<i>Penicillium</i>	0.00 a	0.00 a
Bacteria 24	0.00 a	—
Bacteria 15	0.00 a	—
Bacteria 13	0.00 a	—
Control hongo	0.00 a	0.00 a
<i>A. niger</i>	1.50 ab	1.37 b
<i>A. terreus</i>	1.50 ab	1.80 bc
Bacteria 34	2.07 bc	—
<i>Verticillium</i>	2.60 bc	1.87 bc
<i>Fusarium</i>	2.90 bc	2.50 c
Bacteria 23	4.10 cd	—
Bacteria 81	5.83 de	—
<i>S. rolfsii</i>	6.67 e	6.33 d

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ). La — representa que no se realizó inoculación.

### Yuca

**Tabla 28.** Pruebas patogenicidad en yuca inoculada con herida y sin herida

Patógeno	Con herida (cm)	Sin herida (cm)
	Medias (DMS 2.24)	Medias (DMS 1.96)
Control hongo	0.00 a	0.00 a
Bacteria 8	0.00 a	—
<i>Fusarium</i>	0.00 a	0.00 a

Control bacteria	0.00 a	—
Bacteria 34	0.00 a	—
Bacteria 13	0.00 a	—
Bacteria 15	0.00 a	—
Bacteria 23	0.00 a	—
Bacteria 24	0.00 a	—
<i>A. niger</i>	0.33 ab	0.33 ab
Bacteria 64	1.00 abc	—
Bacteria 81	1.33 abc	—
<i>S. rolf sii</i>	2.00 abc	2.00 bcd
<i>Penicillium</i>	2.17 abc	0.50 abc
<i>A. terreus</i>	2.33 bc	2.33 cd
<i>Verticillium</i>	2.67 c	2.70 d

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ). La — representa que no se realizó inoculación.

### Yautía Selección Nazareno

**Tabla 29.** Pruebas de patogenicidad en yautía inoculada con herida y sin herida

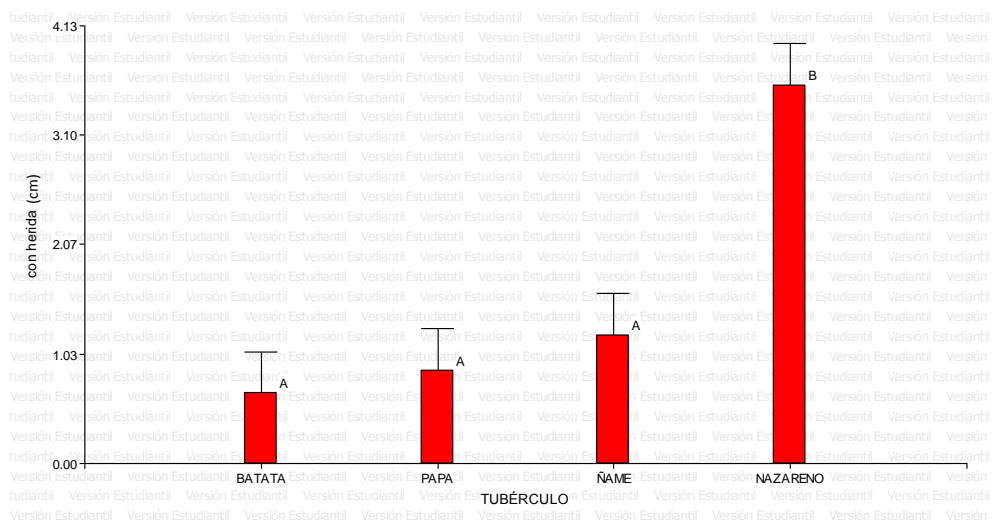
Patógeno	Con herida (cm)		Sin herida (cm)	
	Medias (DMS 2.06)		Medias (DMS 1.07)	
Control bacteria	0.00	a	—	
Control hongo	0.00	a	0.00	a
<i>A. terreus</i>	1.73	ab	1.50	bc
<i>Fusarium</i>	2.17	bc	2.00	bc
<i>A. niger</i>	2.37	bc	1.83	bc
<i>Penicillium</i>	2.40	bc	2.40	b
Bacteria 34	2.67	bcd	—	
Bacteria 15	2.67	bcd	—	
<i>Verticillium</i>	2.90	bcd	2.57	c
Bacteria 24	3.17	bcd	—	
Bacteria 64	3.40	bcd	—	
Bacteria 81	3.67	bcd	—	
Bacteria 8	3.70	bcd	—	
Bacteria 13	3.80	cd	—	
<i>S. rolf sii</i>	4.17	cd	4.17	d
Bacteria 23	4.67	d	—	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ). La — representa que no se realizó inoculación.

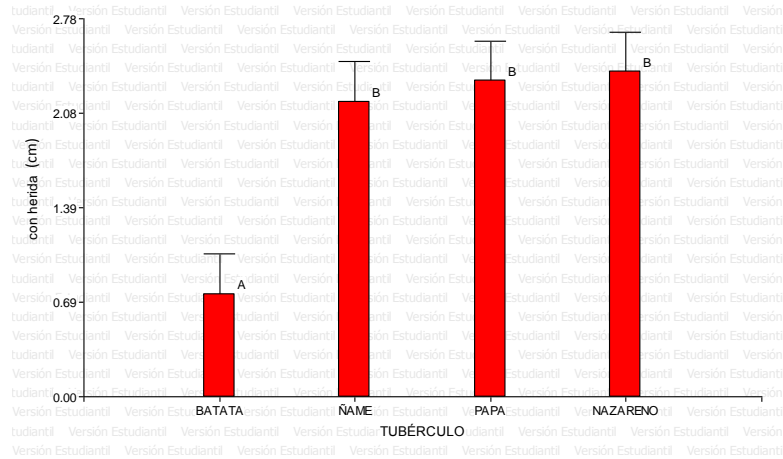
**Tabla 30.** Patógenos de mayor virulencia determinado en diferentes tubérculos comestibles.

<b>Tubérculo</b>	<b>Inoculación con herida - Trat/media (cm)</b>	<b>Inoculación sin herida – Trat/media (cm)</b>
Batata	<i>Aspergillus niger</i> / 2.23 b Bacteria 15 / 2.00 b	<i>Aspergillus niger</i> / 1.93 d
Papa	<i>Sclerotium rolfii</i> / 5.50 c <i>Verticillium</i> spp. / 5.00 c Bacteria 24 / 5.40 c	<i>Sclerotium rolfii</i> / 5.50 c <i>Verticillium</i> spp. / 4.27 c
Ñame	<i>Sclerotium rolfii</i> / 6.67 e Bacteria 81 / 5.83 de	<i>Sclerotium rolfii</i> / 6.33 d
Yuca	<i>Verticillium</i> spp. / 2.67 c Bacteria 81 / 1.33 abc	<i>Verticillium</i> spp. / 2.70 d
Yautía	Bacteria 23 / 4.67 d <i>Sclerotium rolfii</i> / 4.17 cd	<i>Sclerotium rolfii</i> / 4.17 d

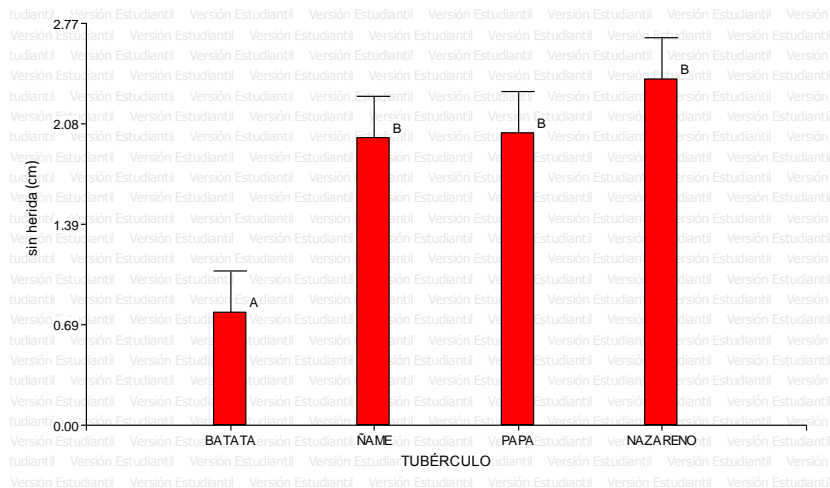
De igual manera se analizó la susceptibilidad de todos los tubérculos a los microorganismos inoculados. Los análisis se dividieron en las bacterias fitopatógenas (Figura 24), hongos con herida (Figura 25) y hongos sin herida (Figura 26).



**Figura 24.** Susceptibilidad de los tubérculos comestibles inoculados con bacterias patógenas (con herida en cm).



**Figura 25.** Susceptibilidad de tubérculos inoculados con hongos con herida mecánica (cm).



**Figura 26.** Susceptibilidad de tubérculos inoculados sin herida con hongos (cm).

Al inocular los tubérculos comestibles con las bacterias fitopatógenas haciendo herida no hubo diferencia estadística entre la batata, papa y ñame, pero sí entre estos tres y Nazareno, indicando que éstas son más resistentes que Nazareno. Por otro lado, la inoculación de hongos a los tubérculos mostró que la batata es más resistente que el ñame, la papa y la yautía Nazareno. La batata tuvo menor susceptibilidad ante el ataque bacterias y hongos inoculados.

Los agentes patogénicos de mayor daño fueron *Sclerotium rolfsii*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus terreus* y *Verticillium spp.*

### **Hongos patógenos del mal seco obtenidos de la colección de la Dra. Mildred Zapata**

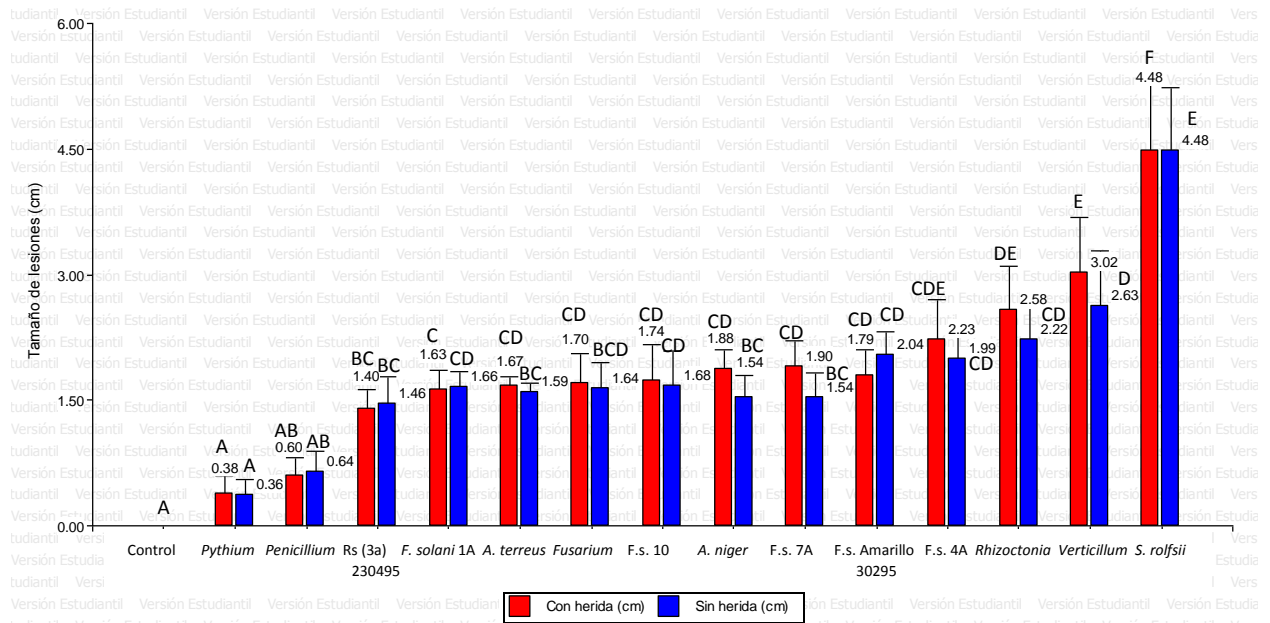
En las pruebas de patogenicidad se pudo observar que en las inoculaciones con herida y sin herida el hongo menos patogénico fue *Pythium* spp., con media en centímetros de 0.38a con herida y 0.36a sin herida (Tabla 31). En cuanto a los hongos con herida los más patogénicos fueron *Rhizoctonia* spp., *Fusarium solani* 4a y *Fusarium solani* 7a con medias de 2.58de, 2.23cde y 1.9cd, respectivamente. El tubérculo menos susceptible fue la batata con una media de 0.41 con herida y 0.43 sin herida (Tabla 32). Los tubérculos más susceptibles fueron la yuca (medias= con herida 2.56, sin herida 2.11) y la papa (medias= con herida 2.56 y sin herida 2.32) (Tabla 32). También resultaron más susceptible sin herida los cormelos de Nazareno con una media de 1.90 con herida y 2.14 sin herida (Tabla 32).

Por otro lado, se realizó el análisis de todos los hongos para determinar virulencia en los tubérculos. *Sclerotium rolfsii* tuvo diferencias significativas mayores entre todos los otros patógenos con una media de 4.48, seguido por *Verticillium* spp. (3.02 con herida; 2.63 sin herida), *Rhizoctonia* spp. (2.58 con herida; 2.22 sin herida), y *F. solani* 4a (2.23 con herida; 1.99 sin herida) (Tabla 31). Por el contrario, los menos virulentos fueron *Pythium* spp. (0.38 con herida; 0.36 sin herida) y *Penicillium* spp. (0.60 con herida; 0.64 sinherida) (Figura 27). En los resultados de los tubérculos inoculados con herida mostraron más susceptibilidad la yuca y la papa con medias de 2.56 ambas (Figura 28). La de menor susceptibilidad fue la batata con media de 0.41 (Tabla 32). A continuación se encuentran las Tablas 31 y 32 y las Figuras 27 y 28 que los representan.

## Pruebas en tubérculos con todos los hongos

**Tabla 31.** Pruebas de patogenicidad con los patógenos del mal seco y de lesiones inoculadas en tubérculos comestibles con herida y sin herida.

Patógeno	Con herida (cm)		Sin herida (cm)	
	Medias	(DMS 0.88)	Medias	(DMS 0.84)
Control	0.00	a	0.00	a
<i>Pythium</i>	0.38	a	0.36	a
<i>Penicillium</i>	0.60	ab	0.64	ab
<i>Rs (3a) 230495</i>	1.40	bc	1.46	bc
<i>F. solani 1</i>	1.63	c	1.66	cd
<i>A. terreus</i>	1.67	cd	1.59	bc
<i>Fusarium</i>	1.70	cd	1.64	bcd
F.s. 10	1.74	cd	1.68	cd
F.s. Amarillo 30295	1.79	cd	2.04	cd
<i>A. niger</i>	1.88	cd	1.54	bc
F.s. 7a	1.90	cd	1.54	bc
F.s. 4a	2.23	cde	1.99	cd
<i>Rhizoctonia</i>	2.58	de	2.22	cd
<i>Verticillium</i>	3.02	e	2.63	d
<i>S. rolfsii</i>	4.48	f	4.48	e



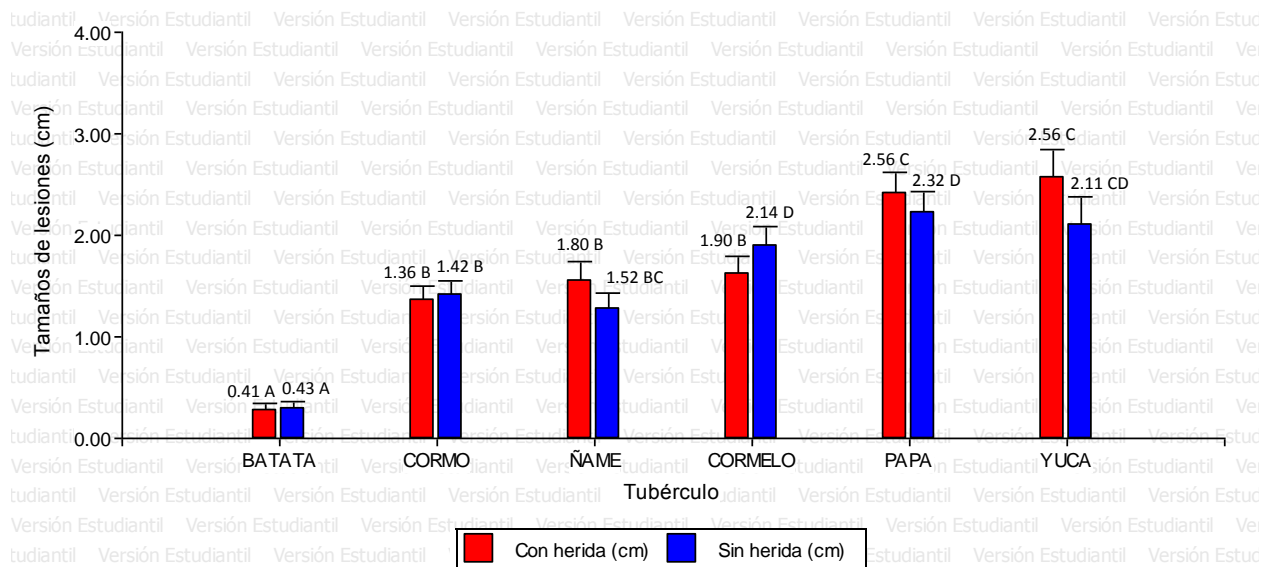
**Figura 27.** Patógenos afectando a tubérculos inoculados con herida y sin herida.

En cuanto a los análisis de los tubérculos sin herida se mostraron los siguientes resultados: *Sclerotium rolfsii* causando la mayor diferencia significativa con una media de 4.48 y los de menor daño fueron *Pythium* spp. y *Penicillium* spp. con medias de 0.36 y 0.64, respectivamente. En cuanto a la susceptibilidad de los tubérculos sin herida los más susceptibles fueron papa (2.32), Cormelo (2.14) y Yuca (2.11)(Tabla 32). El menos susceptible fue la batata con una media de 0.43. A continuación se encuentran los análisis de varianza inoculados con herida y sin herida junto con las gráficas que lo representan.

**Tabla 32.** Susceptibilidad de tubérculos ante patógenos con herida y sin herida.

Tubérculo	Con herida (cm)	Sin herida (cm)
	Medias (DMS 0.41)	Medias (DMS 0.40)
Batata	0.41 a	0.43 a
Cormo	1.36 b	1.42 b
Ñame	1.80 b	1.52 bc
Cormelo	1.90 b	2.14 d
Papa	2.56 c	2.32 d
Yuca	2.56 c	2.11 cd

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ). La — representa que no se realizó inoculación.



**Figura 28.** Susceptibilidad de tubérculos inoculados con herida y sin herida.

### 3. Evaluación a nivel poscosecha de diferentes métodos de manejo, control químico y biológico para el control de los patógenos asociados que pueden afectar adversamente a diferentes especies de yautía (*Xanthosoma spp.*).

#### A. Manejo poscosecha de tejidos provenientes de siembras comerciales de la Selección Nazareno

En las Tablas 33-38 se presentan las medias según los tratamientos en un lapso de tres meses incluyendo la diferencia en pérdida de peso por tejidos mantenidos bajo carpa. Las medias de pérdida de peso en la parte experimental sin carpa (bajo la sombra de un árbol) se muestran en las Tablas 39-44. Se tomaron en consideración las conversiones de los valores de 1 tonelada = 20 quintales, 1 quintal = 100 libras = 45.36 kilogramos.

#### CARPA

**Tabla 33.** Pérdida de peso (kgs) de cormos y cormelos en el mes 1 bajo carpa

Tratamiento	Medias (DMS 0.07)	Por ciento (%)
Serenade <sup>®</sup>	0.75 a	7.60
Oxidate <sup>®</sup>	0.78 ab	7.85
Actigard <sup>®</sup>	0.79 ab	7.98
Control	0.80 ab	8.10
Kocide <sup>®</sup>	0.83 b	8.58
Clorox <sup>®</sup>	0.91 c	9.33

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

**Tabla 34.** Diferencia en pérdida de peso (kgs) por tejido en el mes 1

Tejido	Medias (DMS 0.09)	Por ciento (%)
Cormelo	0.69 a	7.48
Cormo	0.93 b	8.87

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

#### Mes 2

**Tabla 35.** Pérdida de peso (kgs) de cormos y cormelos en el mes 2 bajo carpa

Tratamiento	Medias (DMS 0.10)	Por ciento (%)
Control	0.94 a	9.51
Oxidate <sup>®</sup>	0.94 a	9.51
Actigard <sup>®</sup>	0.96 a	9.70



Serenade <sup>®</sup>	0.98 ab	9.93
Kocide <sup>®</sup>	1.07 bc	11.07
Clorox <sup>®</sup>	1.11 c	11.38

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

**Tabla 36.** Diferencia en pérdida de peso (kgs) por tejido en el mes 2

Tejido	Medias (DMS 0.10)	Por ciento (%)
Cormelo	0.84 a	9.11
Cormo	1.16 b	11.06

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

### Mes 3

**Tabla 37.** Pérdida de peso (kgs) de cormos y cormelos en el mes 3 bajo carpa

Tratamiento	Medias (DMS 0.18)	Por ciento (%)
Oxidate <sup>®</sup>	1.11 a	11.17
Control	1.14 ab	11.54
Actigard <sup>®</sup>	1.15 ab	11.62
Serenade <sup>®</sup>	1.17 ab	11.85
Clorox <sup>®</sup>	1.27 ab	13.03
Kocide <sup>®</sup>	1.31 b	13.55

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

**Tabla 38.** Diferencia en pérdida de peso (kgs) por tejido en el mes 3

Tejido	Medias (DMS 0.27)	Por ciento (%)
Cormelo	1.01 a	10.95
Cormo	1.37 b	13.06

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

### Sin carpa (bajo árbol)

#### Mes 1

**Tabla 39.** Pérdida de peso (kgs) de cormos y cormelos en el mes 1 sin carpa (bajo árbol)

Tratamiento	Medias (DMS 0.17)	Por ciento (%)
Control	0.93 a	9.39
Serenade <sup>®</sup>	0.95 ab	9.89
Actigard <sup>®</sup>	1.01 bc	10.40
Kocide <sup>®</sup>	1.05 cd	10.52
Clorox <sup>®</sup>	1.06 cd	10.75
Oxidate <sup>®</sup>	1.12 d	11.44

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

**Tabla 40.** Diferencia en pérdida de peso (kgs) por tejido en el mes 1 sin carpa

Tejido	Medias (DMS 0.05)	Por ciento (%)
Cormo	0.98 a	9.29
Cormelo	1.06 b	11.56

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

## Mes 2

**Tabla 41.** Pérdida de peso (kgs) de cormos y cormelos en el mes 2 sin carpa (bajo árbol)

Tratamiento	Medias (DMS 0.08)	Por ciento (%)
Control	1.13 a	11.41
Serenade <sup>®</sup>	1.15 ab	11.97
Actigard <sup>®</sup>	1.22 bc	12.20
Kocide <sup>®</sup>	1.27 c	12.73
Clorox <sup>®</sup>	1.28 c	12.98
Oxidate <sup>®</sup>	1.30 c	13.28

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

**Tabla 42.** Diferencia en pérdida de peso (kgs) por tejido en el mes 2 sin carpa.

Tejido	Medias (DMS 0.05)	Por ciento (%)
Cormelo	1.22 a	13.30
Cormo	1.22 a	13.30

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

## Mes 3

**Tabla 43.** Pérdida de peso (kgs) de cormos y cormelos en el mes 3 sin carpa (bajo árbol)

Tratamiento	Medias (DMS 0.13)	Por ciento (%)
Serenade <sup>®</sup>	1.27 a	13.22
Control	1.27 a	13.22
Actigard <sup>®</sup>	1.35 abc	13.50
Oxidate <sup>®</sup>	1.40 bc	14.30
Kocide <sup>®</sup>	1.42 c	14.23
Clorox <sup>®</sup>	1.43 c	14.50

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

**Tabla 44.** Diferencia en pérdida de peso (kgs) por tejido en el mes 3 sin carpa.

Tejido	Medias (DMS 0.07)	Por ciento (%)
Cormelo	1.34 a	14.61
Cormo	1.37 a	14.81

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

En los tratamientos bajo carpa los mejores tratamientos fueron Oxidate® con una pérdida de peso promedio de 1.11 kg, luego el control con 1.13 kg y Actigard® con 1.15 kg sin diferencias significativas entre sí. Para los tratamientos sin carpa (bajo la sombra de un árbol) los mejores tratamientos fueron Serenade® con una pérdida de peso de 1.26 kg, luego el control con 1.27 kg y, por último, Actigard® con 1.35 kg teniendo diferencias significativas entre Serenade® y Actigard®. Por lo tanto, en ambos ambientes los mejores tratamientos fueron Control y Actigard® para ambos tejidos. La pérdida de peso bajo carpa para los cormos fue de (1.37 kgs) y los cormelos fue de (1.00 kg) teniendo éstos diferencias significativas durante los tres meses. En cuanto al ambiente sin carpa (bajo árbol) los cormelos perdieron más peso (1.06 kgs) el primer mes comparando con los cormos (0.98 kgs) y luego los dos meses siguientes no tuvieron diferencias significativas.

Otra de las variables que se consideró fue la apariencia (Figura 31) desde el inicio hasta el final, un dato importante para el mercadeo.

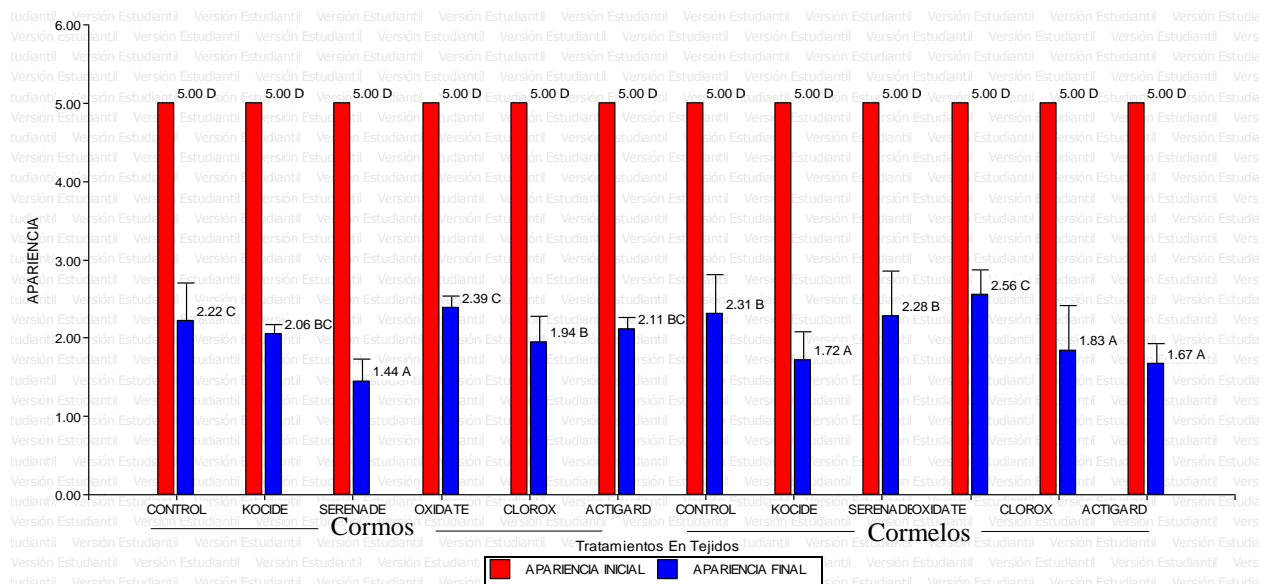


Figura 29. Apariencia Inicial vs Apariencia Final bajo carpa. Se presenta la apariencia inicial y final por cada tratamiento y por cada tipo de tejido. (Escala 5- Excelente; 4-Bueno; 3- Regular; 2-Pobre; 1-Inservible). Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Por lo tanto, los mejores tratamientos en cuanto a apariencia bajo carpa durante tres meses para los cormos resultaron ser Oxidate®, Control y Kocide® sin presentar diferencias significativas entre sí. Para los cormelos los mejores tratamientos resultaron ser Oxidate®, Control y Serenade®.

Los mejores tratamientos para la apariencia sin carpa (bajo sombra de un árbol) (Figura 32) en cormos fueron Clorox®, Actigard® y Serenade® sin diferencias significativas entre sí. Para los cormelos los mejores tratamientos fueron Actigard®, Serenade® y Oxidate® sin diferencias significativas entre sí.

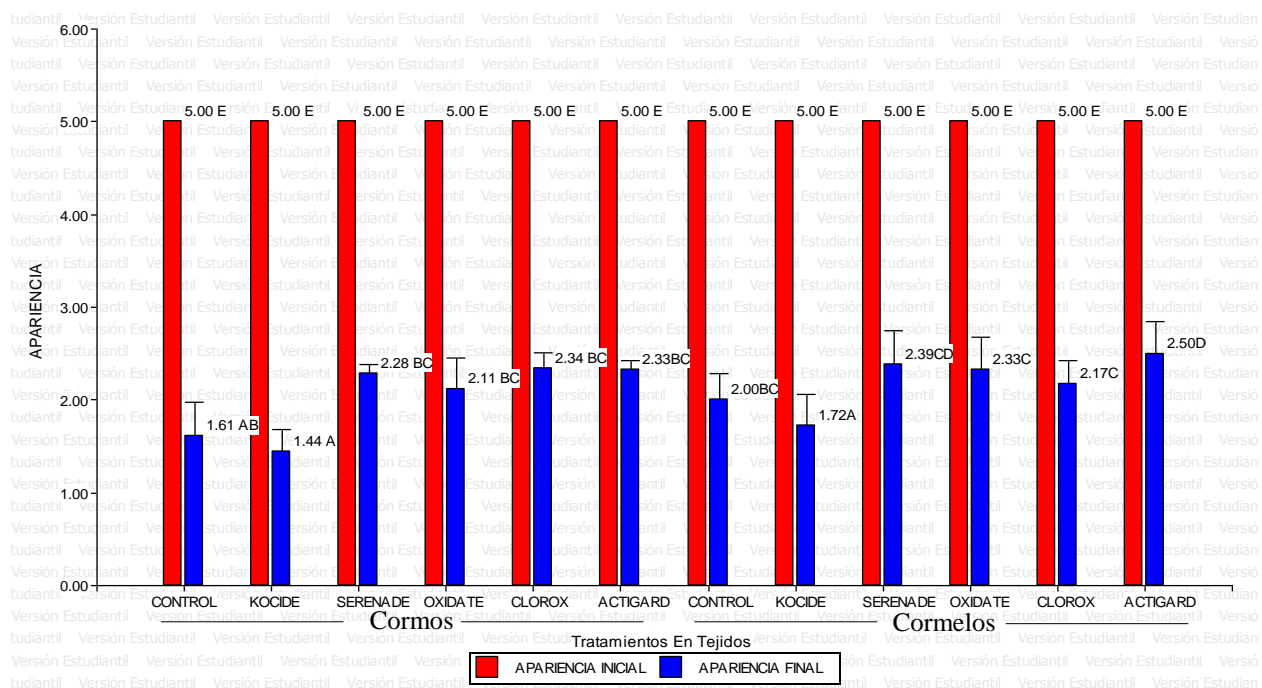


Figura 30. Apariencia Inicial vs Apariencia Final bajo árbol. Se presentan las apariencias iniciales y finales por cada tratamiento y por cada tipo de tejido. (Escala 5- Excelente; 4-Bueno; 3- Regular; 2-Pobre; 1-Inservible). Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## Comparación de Ambientes

Durante los tres meses los tejidos bajo carpa tuvieron menor pérdida de peso con 1.19 kgs en promedio en comparación a los mantenidos sin carpa (bajo la sombra de un árbol) que obtuvo una pérdida de 1.36 kgs con diferencias significativas. Los mejores tratamientos en los dos ambientes fueron el Control con una pérdida promedio de 1.21 kgs, seguido por Serenade® con 1.22 kgs y, por último, Actigard® con 1.25 kgs, sin diferencia significativa entre los tres tratamientos en cormos y cormelos. A continuación, las Tablas 45-50 muestran las pérdidas de peso según el análisis de diferentes tratamientos y la diferencia en peso según el ambiente.

### Mes 1

**Tabla 45.** Pérdida de peso (kgs) en el mes 1 en ambientes bajo carpa y sin carpa.

Tratamiento	Medias (DMS 0.12)	Por ciento (%)
Serenade®	0.84 a	8.62
Control	0.87 a	8.80
Actigard®	0.90 ab	9.05
Kocide®	0.93 ab	9.46
Oxidate®	0.95 ab	9.63
Clorox®	0.98 b	9.99

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

**Tabla 46.** Diferencia en pérdida de peso (kgs) por tejido en el mes 1 bajo carpa y sin carpa.

Ambiente	Medias (DMS 0.10)	Por ciento (%)
Carpa	0.81 a	8.24
Bajo Árbol	1.02 b	10.34

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

### Mes 2

**Tabla 47.** Pérdida de peso (kgs) en el mes 2 en ambientes bajo carpa y sin carpa.

Tratamiento	Medias (DMS 0.14)	Por ciento (%)
Control	1.03 a	10.41
Serenade®	1.06 ab	10.88
Actigard®	1.09 ab	10.95

Oxidate <sup>®</sup>	1.12 ab	11.35
Kocide <sup>®</sup>	1.17 ab	11.90
Clorox <sup>®</sup>	1.20 b	12.23

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

**Tabla 48.** Diferencia en pérdida de peso (kgs) por tejido en el mes 2 bajo carpa y sin carpa.

Ambiente	Medias (DMS 0.10)	Por ciento (%)
Carpa	1.00 a	10.17
Bajo Árbol	1.22 b	12.37

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

### Mes 3

**Tabla 49.** Pérdida de peso (kgs) en el mes 3 en ambientes bajo carpa y sin carpa.

Tratamiento	Medias (DMS 0.17)	Por ciento (%)
Control	1.20 a	12.13
Serenade <sup>®</sup>	1.22 a	12.53
Actigard <sup>®</sup>	1.25 a	12.56
Oxidate <sup>®</sup>	1.26 a	12.77
Clorox <sup>®</sup>	1.35 a	13.76
Kocide <sup>®</sup>	1.36 a	13.84

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

**Tabla 50.** Diferencia en pérdida de peso (kgs) por tejido en el mes 3 bajo carpa y sin carpa.

Ambiente	Medias (DMS 0.10)	Por ciento (%)
Carpa	1.19 a	12.11
Bajo Árbol	1.36 b	13.79

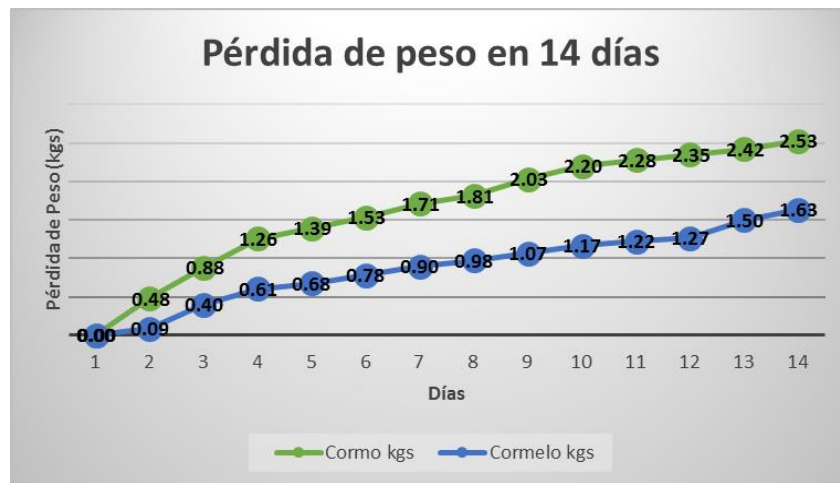
*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

Durante tres meses los tejidos bajo carpa perdieron menos peso teniendo cercano a un 13.06% en cormos y 10.95% en cormelos que los mantenidos sin carpa (bajo la sombra de un árbol) en el cual los cormos perdieron alrededor de un 14.81% y los cormelos un 14.61%.

#### B. Pérdida de peso observado por catorce días consecutivos

La pérdida de peso durante catorce días consecutivos para cormos y cormelos se presenta en la Figura 33, y las Tablas 51 y 52. Esta parte del proyecto solamente se realizó con los cormos y cormelos como control, no se utilizó ningún tratamiento. Esta parte del trabajo se inició para

determinar a nivel poscosecha el efecto en pérdida de peso cormos y cormelos manejados de forma distinta, o sea, levantando los tejidos con paletas plásticas mantenidas bajo carpas techadas. Los cormos tienen un valor de \$40.00/quintal y con ésta práctica tendrían una pérdida en peso de 23.94%. La pérdida económica sería cerca de \$2.23/quintal y en los cormelos los cuales tienen un valor de \$130.00/quintal y se estimó una pérdida de 17.74%, o sea, \$4.68 por quintal. En general, partiendo de la premisa que a los 14 días hay una pérdida cercana al 100% se puede decir que la práctica de manejo poscosecha utilizada aumentó en aproximadamente un 76% y un 82% el valor de los tejidos de cormos y cormelos, respectivamente.



**Figura 31.** Pérdida de Peso en Cormos y Cormelos tomando en consideración el peso diario por 14 días.

**Tabla 51.** Pérdida de peso (kg) en cormos durante 14 días poscosecha.

Día	Media (DMS 0.10)	Pérdida Diaria (\$/quintal)
1	0.00 a	0.00
2	0.48 b	0.42
3	0.88 c	0.78
4	1.26 d	1.11
5	1.39 de	1.23
6	1.53 e	1.35
7	1.71 f	1.51
8	1.81 f	1.60

9	2.03	g	1.80
10	2.20	h	1.94
11	2.28	hi	2.00
12	2.35	ij	2.07
13	2.42	jk	2.14
14	2.53	k	2.23

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

**Tabla 52.** Pérdida de peso (kg) en cormelos durante 14 días poscosecha.

Día	Media (DMS 0.19)	Pérdida Diaria (\$/quintal)
1	0.00 a	0.00
2	0.09 a	0.25
3	0.40 b	1.14
4	0.61 b	1.74
5	0.68 cd	1.94
6	0.78 cde	2.25
7	0.90 def	2.57
8	0.98 efg	2.80
9	1.07 fgh	3.06
10	1.17 gh	3.34
11	1.22 h	3.50
12	1.27 hi	3.63
13	1.50 ij	4.30
14	1.63 j	4.68

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

Por lo tanto, los cormos pierden más peso que los cormelos en un lapso de 14 días. Tanto los cormos como los cormelos perdieron peso significativamente a través de los catorce días.

Los cormos perdieron 2.53 kilogramos en esos catorce días donde los días más significativos en su pérdida de peso fueron el primer día y los días del diez al catorce. Los cormelos perdieron 1.63 kilogramos en esos catorce días donde hubo diferencia estadística significativa casi todos los días. Esto confirma los datos obtenidos bajo el experimento anterior donde los cormos pierden más peso que los cormelos.



### C. Germinación de cormos y cormelos

Las pruebas de germinación de cormos y cormelos (Figura 32) se realizó durante tres meses. Los cormos se dividieron en tres partes: Parte apical, Parte Central y Parte Distal. Cada parte tuvo dos repeticiones las cuales son dos yemas por cada parte para un total de 6 datos por mes utilizando dos cormos. Se utilizaron 6 cormelos por mes en los tres meses. Se contaba el lapso de días que se tardaba en brotar desde el día de la siembra.



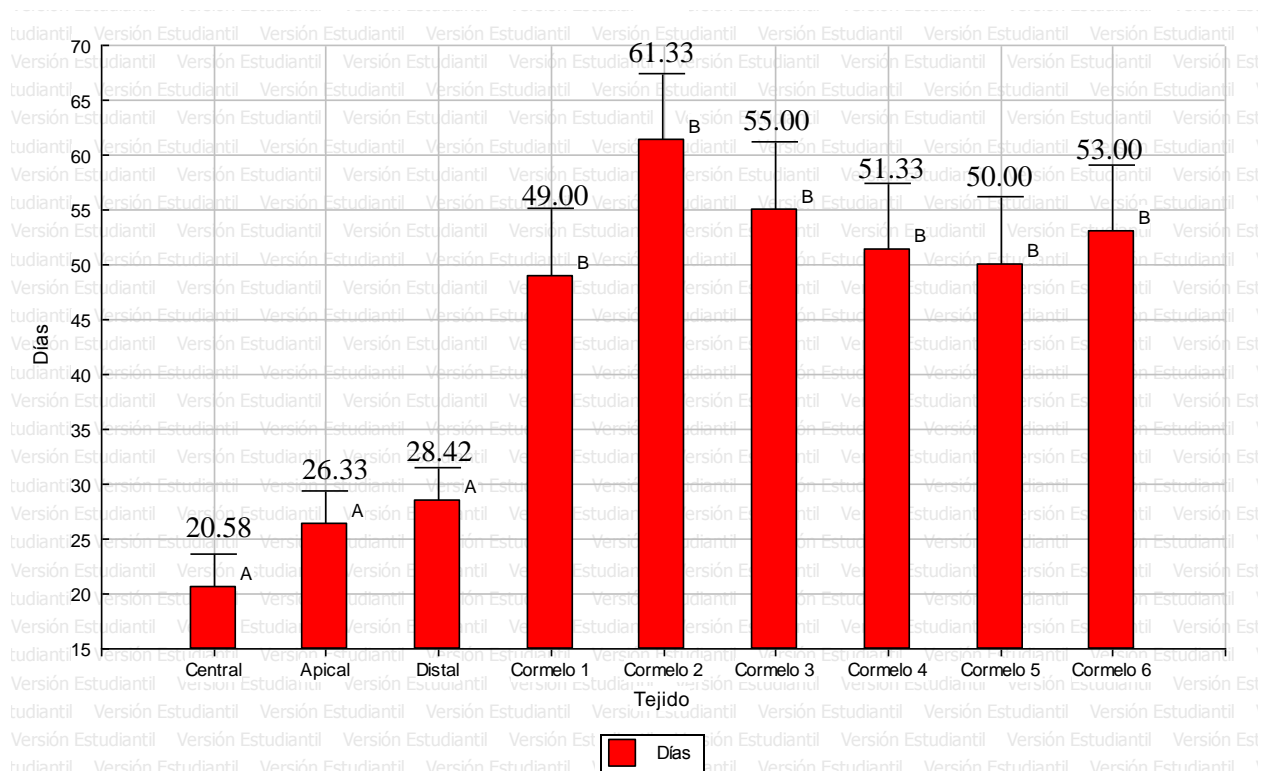
**Figura 32.** Brotes observados de cormos al mes de sembrado.

Los cormos y cormelos no tuvieron diferencia significativa entre sí en el promedio de los días que se tardaron en brotar. La diferencia significativa fue en la comparación de los días de brotación entre los cormos y los cormelos (Figura 33). En la Tabla 53 se muestra el promedio de días de brotación por mes de las diferentes partes de los cormos y los seis cormelos.

**Tabla 53.** Promedio de días de brotación por mes de tejidos mantenido bajo carpa.

Tejido	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Media de Tejidos
	Brotación	Brotación	Brotación	Total	
	Mes 1	Mes 2	Mes 3		
<b>Apical</b>	18.50 a	26.75 a	20.00 a	21.75 a	Cormos 25.11 a
<b>Central</b>	18.00 a	26.50 a	17.25 a	20.58 a	
<b>Distal</b>	24.75 a	26.50 a	22.00 a	24.42 a	
<b>Cormelos</b>	53.40 b	50.50 b	51.00 b	51.63 b	Cormelos 53.28 b

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*



**Figura 33.** Pruebas de Brotación en Cormos y Cormelos durante los tres meses. Cada dato es el promedio de los tres meses.

## Discusión

1. Aislamiento e identificación de los patógenos de origen fúngico y bacteriano que pueden afectar los cormos y cormelos de diferentes especies o genotipos de yautía (*Xanthosoma* spp.).

El aislamiento e identificación de hongos en cormos y cormelos a nivel poscosecha se realizó para obtener información y conocimiento de los microorganismos causales de las diferentes lesiones observadas. Algunos de los hongos aislados: *Sclerotium rolfsii*, *Fusarium* spp., y *Aspergillus niger* se han reportado anteriormente en Nigeria por Agu et al., 2014. Se obtuvieron resultados similares entre esos tres hongos antes mencionados siendo *Sclerotium rolfsii* uno de los más virulentos y *Aspergillus niger* siendo moderadamente virulento (Agu et al., 2016). Por otra parte, *Penicillium* spp. ha sido reportado en malanga (*Colocasia esculenta*) como uno de los patógenos principales que lo afectan (Agu et al., 2015) pero no ha sido reportado en *Xanthosoma* spp. como un agente primario de invasión. Según Daines, 1970 *Penicillium* spp. se puede considerar como un invasor secundario luego de una pudrición. Por último, *Aspergillus terreus* no ha sido reportado en yautía por lo que se reporta por primera vez en este estudio. Al igual que Agu et al., 2016, Bejarano-Mendoza y Zapata, 1998 habían indicado que los daños más severos en yautía son causados por *Sclerotium rolfsii* dato que se confirma en esta investigación. El segundo hongo más virulento en este estudio lo fue *Verticillium* spp., eso es similar a los resultados de Pandukur et al., 2016, quien lo informó como uno de los más virulentos.

Por otro lado, se aislaron 112 bacterias de raíces de un experimento previo conducido bajo el proyecto FIDA-23 pero ninguna fue patogénica en hojas, en cambio, ocho fueron patogénicas en cormos y cormelos. Las bacterias que causaron mayor daño fueron la 8, 13, 81 y

23. Según las descripciones y resultados de las pruebas bioquímicas las bacterias 34, 23 y 8 podrían relacionarse a *Bacillus* (Aryal, S., 2016). El resto necesita mayor caracterización. Las bacterias *Erwinia* spp. y *Pseudomonas* spp. han sido reportadas en yautía reportadas causando manchas foliares (Brown, 2009) incluyendo a Puerto Rico (Zapata y Bosques, Sopca 2013).

La susceptibilidad de las especies de yautía en orden de menor susceptibilidad a mayor fue *X. violaceum* (lila), *X. sagittifolium* (blanca) y *X. atrovirens* (amarilla). La mayoría de la información disponible sobre este tema es en yautía blanca *Xanthosoma sagittifolium*. Hay muy poca información sobre la patogenicidad con especies distintas. Los resultados de este estudio indican que el orden de menor a mayor susceptibilidad de las variedades en cormos es el siguiente: Híbrido 138 (lila), Estela (blanca), Vinola (lila), Súper Kelly (amarilla), J (lila), Alela (blanca), Híbrido F (blanca), Kelly (amarilla) y Nazareno (amarilla). En los cormelos el orden de susceptibilidad es el siguiente: Estela (blanca), Híbrido 138 (lila), Súper Kelly (amarilla), Vinola (lila), J (lila), Híbrido F (blanca), Kelly (amarilla), Alela (blanca) y Nazareno (amarilla).

2. Determinación de la gama de huéspedes de los patógenos de la yautía Selección Nazareno en otros géneros de tubérculos comestibles (batata, papa, ñame y yuca).

Las raíces y tubérculos son cultivos muy importantes en áreas como Latinoamérica, Asia y África (FAO, 2015). Hay algunos hongos fitopatógenos asociados a los cultivos de las raíces y tubérculos tales como *Fusarium solani*, *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium rolfsii*, *Phytophthora* spp., *Pythium* spp. y *Verticillium dahlia*. Bacterias asociadas lo son *Erwinia carotovora*, *Agrobacterium tumefaciens* and *Xanthomonas campestris* (Ray, 2013; APS, 2016). Cinco de los antes mencionados fueron evaluados en este estudio.

Entre los patógenos reportados en el grupo de raíces y tubérculos se encuentran varios hongos y bacterias similares entre ellos. En batata (*Ipomoea batatas*) los patógenos bacterianos reportados son *Xanthomonas campestris*, *Ralstonia solaneacearum*, *Erwinia chrysanthemi* y *Agrobacterium tumefaciens* quienes causan manchas foliares, amarillamiento foliar y del tallo (WCRTC, 2016; Ray, 2013). Esto podría concordar con los datos obtenidos en esta investigación si consideramos que la bacteria 24 fuese una *Erwinia* spp. y que haya afectado la batata. En cuanto a los hongos que la afectan se reportan más de treinta hongos siendo los siguientes los más importantes: *Alternaria* spp. causando manchas foliares (Wright, 2014) y *Ceratocystis fimbriata* causando síntomas como volcamiento de plantas, decaimiento de las hojas y manchas circulares negras en las raíces tuberosas hasta llegar a la muerte de la planta (Lerner, 2001). Por último, se reporta a *Fusarium solani* afectando la base del tallo y causando pudrición en los tubérculos (Lerner, 2001; Wright, 2014) lo que concuerda con uno de los *Fusarium* spp. usados en este estudio.

En la papa (*Solanum tuberosum*) se ha reportado anteriormente a la bacteria *Erwinia carotovora* lo que causa “pie negro” que afecta a los tubérculos presentando pudriciones suaves y tallos negros (Basanta, 2013). Lo que posiblemente se pudo corroborar con esta investigación debido a que la bacteria 24 quien se considera que puede ser *Erwinia* spp. afectó la papa. Uno de los hongos reportados es *Rhizoctonia solani* que causa canchales en el tallo (Tomlins, 2014). En esta investigación dos aislados de *Rhizoctonia* spp. de la colección afectaron la papa.

En ñame (*Dioscorea* spp.) se han reportado a las bacterias *Erwinia* spp., *Xanthomonas campestris* y *Pseudomonas* spp. Lo que posiblemente puede ser corroborado con las pruebas realizadas debido a que la bacteria 81 tiene una posibilidad de ser *Pseudomonas* spp. Por otro lado, en cuanto a los hongos se reportan a *Sclerotium rolfsii* y *Fusarium oxysporum*

atribuyéndoles la invasión vascular terminando en marchitez (Amusa et al., 1996). Ambos hongos fueron evaluados en ñame y resultaron patogénicos.

En yuca (*Manihot esculenta*) se conocen a las bacterias *Xanthomonas campestris*, *Agrobacterium tumefaciens*, *Erwinia carotovora* y *Erwinia herbicola*. Los síntomas más comunes causado por dichas bacterias son amarillamiento bacteriano, agallas en el tallo, pudrición en el tallo y marchitamiento bacteriano, respectivamente (APS, 2016; Ray, 2013). En las pruebas que se realizaron las bacterias 64 y 81 afectaron las raíces tuberosas pudiendo ser *Pseudomonas* spp. En cuanto a los hongos afectando a la yuca se encuentran los que causan una pudrición en las raíces siendo estos *Fusarium oxysporum*, *Phytophthora* spp., *Pythium* spp., *Sclerotium rolfsii* y *Verticillium dahlia* (APS, 2015). En esta investigación resultaron patogénicos *Sclerotium rolfsii*, *Verticillium* spp. y *Fusarium* spp. Por el contrario, el *Pythium* spp. que se obtuvo de la colección no afectó a la yuca.

3. Evaluación a nivel poscosecha de diferentes métodos de manejo, control químico y biológico para el control de los patógenos asociados que pueden afectar adversamente a diferentes especies de yautía (*Xanthosoma* spp.).

Los problemas poscosecha en las raíces y tubérculos son de suma importancia debido a que son tejidos altamente perecederos. Es importante entender las razones de los estimados de las pérdidas para poder mejorar el manejo de la pre y poscosecha para poder controlar el deterioro asociado a los patógenos (Rolle, 2006). La desventaja que limita la yautía es que una vez se cosecha se pudre rápidamente y es atacada por microorganismos asociados al suelo (Tomlins, 2014). La yautía pertenece al grupo de raíces y tubérculos lo que significa que además de proveer valor nutritivo también tiene una importancia en la seguridad alimentaria, alimentación e

ingreso económico (FAO, 2015). Por lo tanto, se busca minimizar los daños, mantener la calidad de los tejidos y proteger la seguridad alimentaria (FAO, 2015). La yautía tiene el potencial para convertirse de un alimento de seguridad alimentaria a un producto que llamarían en mercadeo producto comercial (Natural Resources, 2014).

El manejo poscosecha tiene como propósito manejar los tubérculos para evitar enfermedades e intentar excluir los patógenos en un nivel cerca a cero. Nunca se llega a cero porque no se puede eliminar un patógeno completamente y para así reducir la incidencia y severidad en el cultivo (Opara, 2002; USDA, 2014). Entre las diferentes técnicas utilizadas en raíces y tubérculos se encuentran tratamientos de luz ultravioleta el cual desestabiliza el ADN de los microorganismos (Hanzon, 1999), lavados de hipoclorito de sodio el cual destruye esporas en la superficie (Amienyo, 2007), cubierta de cera con o sin fungicida para la longevidad de los tejidos como en la yuca (Naziri, 2014), refrigerarlos y congelarlos (Westby, 2004).

En esta investigación se cosecharon los tubérculos y se dejaron curar en el campo exponiéndolos bajo el sol. Posteriormente se pusieron bajo carpa o sin carpa (bajo la sombra de un árbol) para evitar la exposición excesiva al sol y así evitar la deshidratación o pérdida de peso de los tejidos. Las paletas se utilizaron para levantar los tejidos evitando el contacto directo con el suelo y promover la aereación. Se utilizaron sacos tipo malla debido a que según Bikomo y Bretch, 1991 habían realizado una investigación comparando distintos tipos de sacos (con perforaciones y sin perforaciones) y estudiaron cuáles evitaban la pérdida de peso y resultó que dentro del saco perforado tenían más ventilación y perdían menos peso.

El tratamiento control fue uno de los mejores teniendo menos pérdida de peso y una buena apariencia en ambos ambientes lo que resulta sumamente favorable para los agricultores. Es importante mencionar que el manejo del cultivo para la producción de los cormos y cormelos

usados consistió de aplicaciones al suelo del producto BioPlex® que contiene microorganismos antagonistas a los hongos que atacan las raíces de la yautía. Por tanto, existe el potencial de que la microflora presente en el tratamiento control mantuvo un efecto protector en los tejidos contra patógenos por un periodo de tres meses evitando así incurrir en gastos de productos químicos.

Comparando los resultados de la pérdida de peso de los tejidos bajo carpa y sin carpa hubo una diferencia significativa en pérdida de peso. Los tejidos bajo carpa perdieron menos peso que los que estaban sin carpa (bajo árbol). Podemos considerar que la posible exposición al sol ya que el árbol no cubría totalmente los tejidos promovió a que se deshidrataran más rápidamente.

La pérdida de peso en catorce días consecutivos demostró que el manejo poscosecha es esencial. Los agricultores de yautía luego de la cosecha tienden a dejar los cormos y cormelos en el suelo para el secado, proceso donde los tejidos realizan la reparación de las heridas (Cooke, 1988). Pero los agricultores tienden a dejarlo por semanas hasta que terminan pudriéndose ya que organismos asociados al suelo tienden a infectar los tejidos. Al tomar los datos y realizar los análisis estadísticos los cormelos no tuvieron diferencia significativa en la pérdida de peso durante esos catorce días con excepción del tercer día donde se perdió una media de 0.31 kilogramos comparado con los otros días que el promedio fue entre 0.02 - 0.11 kilogramos. Los cormos tuvieron diferencia estadística los primeros tres días con un promedio pérdida de peso de 0.19 kgs y los últimos cuatro días con promedio de 0.04 kgs. Se estima que en un periodo de dos semanas (14 días) haya una pérdida de los cormos cercana a un 100% esto es dejando los tejidos a la intemperie sobre el suelo causando una degradación (Bosques, 2015). Por lo tanto, el mantener el peso de los cormos y cormelos y mantenerlo con una buena apariencia se considera un dato favorable en un manejo poscosecha para su mercadeo y producción en la isla.



En la germinación o brotes de cormos, al igual que en los cormelos, no tuvieron diferencia significativa entre esos mismos para la brotación entre los días. Su diferencia significativa se basa cuando se va a comprar entre cormos y cormelos. Se pensaba que los cormos brotaban más rápido que los cormelos, pero no había datos certeros sobre ello (Bosques, 2015). Ésta investigación muestra que los cormos y cormelos continúan teniendo brotación por un lapso de tres meses (los mismos que se pudieron prolongar con el uso de la carpa y las paletas) con un promedio en días cercano de 22 días para los cormos y de 52 días para los cormelos.

## Conclusiones

1. Los hongos *Sclerotium rolfsii* y *Verticillium* spp. fueron los patógenos más virulentos mientras que las bacterias de mayor virulencia fueron 8, 13, 81 y 23 en la mayoría de las especies de yautía.
2. La susceptibilidad a hongos y bacterias de menor a mayor en las especies de yautía en cormos y cormelos fueron lila, blanca y amarilla.
3. La susceptibilidad a hongos y bacterias de menor a mayor en cormos de las diferentes variedades fue Híbrido 138 (lila), Estela (blanca), Vinola (lila), Súper Kelly (amarilla), J (lila), Alela (blanca), Híbrido F (blanca), Kelly (amarilla) y Nazareno (amarilla).
4. La susceptibilidad a hongos y bacterias de menor a mayor en cormelos en las diferentes variedades fueron Estela (blanca), Híbrido 138 (lila), Súper Kelly (amarilla), Vinola (lila), J (lila), Híbrido F (blanca), Kelly (amarilla), Alela (blanca) y Nazareno (amarilla).
5. *Ipomoea batata* fue el género más resistente a los hongos y bacterias que son patógenas de la yautía.
6. Los hongos patógenos más virulentos en tubérculos comestibles fueron *Sclerotium rolfsii*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus terreus* y *Verticillium* spp.
7. Los cormos y cormelos mantenidos bajo carpa tuvieron una menor pérdida de peso vs los mantenidos sin carpa (bajo árbol) durante los tres meses.
8. Los tratamientos bajo carpa relacionados a menor pérdida de peso fueron Oxidate<sup>®</sup>, Control y Actigard<sup>®</sup>.

9. Los tratamientos sin carpa (bajo árbol) relacionados a la menor pérdida de peso fueron Serenade<sup>®</sup>, Control y Actigard<sup>®</sup>.
10. Los tratamientos relacionados a una mejor apariencia a las doce semanas fueron Actigard<sup>®</sup>, Serenade<sup>®</sup> y Control.
11. Los tejidos mantenidos bajo carpa tuvieron una mejor apariencia que los tejidos mantenidos sin carpa.
12. La ganancia económica en quintal de cormos y cormelos utilizando carpa y paletas plásticas es de aproximadamente \$37.77 y \$125.32, mientras que la pérdida económica sería de \$2.23 y \$4.68, respectivamente.
13. En un lapso de catorce días la longevidad de los tejidos cormos y cormelos fue de 76.06 y 82.26 % de tejidos de cormos y cormelos, respectivamente cuando fueron mantenidos bajo carpa, sobre paletas plásticas sin tratamientos.
14. Los cormos y cormelos mantienen capacidad de brotación por un lapso de tres meses con un promedio en días cercano de 18-27 días para los cormos y de 50-54 días para los cormelos.
15. No existen diferencias significativas en cuanto a la brotación si se usan yemas de la porción apical, central o distal.

## Recomendaciones

1. Realizar investigación para el control biológico de los hongos patógenos más virulentos de la yautía: *Sclerotium rolfsii* y *Verticillium* spp..
2. En fincas donde se siembran varios tipos o especies de tubérculos utilizar la batata para rotación ya que resultó uno de los cultivares más resistentes a los patógenos. Por otro lado, en el caso de siembras de yautía podría recomendarse la rotación con especies más resistentes como la lila y blanca.
3. Almacenar los tejidos bajo sombra especialmente bajo carpa y sobre paletas plásticas que permitan la aeración y limiten la pérdida de peso e invasión de patógenos.
4. Adoptar las recomendaciones del Conjunto Tecnológico para la producción de la yautía donde se utilizan productos comerciales que contienen microorganismos antagonistas del patógeno principal de la yautía, *Sclerotium rolfsii* y de otros hongos asociados al mal seco.

## Literatura citada

- Acevedo-Sánchez, M., Zapata M. y Bosques A., 2015. Identificación y Patogenicidad de hongos asociados a pudrición en yautía Sel. Nazareno (*Xanthosoma* spp.). SOPCA CEG-31.
- Acevedo-Sánchez, M., Zapata M. y Bosques A., 2016. Manejo poscosecha y estimados económicos en cormos y cormelos de yautía, Selección Nazareno. III Congreso de la Sociedad Mesoamericana de Economía Ecológica, Universidad de Puerto Rico en Mayagüez.
- Agu, K.C., N.S. Awah, A.C. Nnadozie, B.C. Okeke, M.U. Orji, C.A. Iloanusi, C.G. Anaukwu, H.C. Eneite, M.C. Ifediegwu, N.D. Umeoduagu and E.E. Udoh, 2016. Isolation, Identification and Pathogenicity of Fungi Associated with Cocoyam (*Colocasia esculenta*) Spoilage. Food and Science Technology. 4(5): 103-106.
- Agu, K.C., N.S. Awah, G.U. Nweke, B.C. Okeke, I.C.C. Mgbemena, R.N. Okigbo and U.C. Ngenegbo, 2015. Fungi Associated with the Post-Harvest Loss of Sweet Potato. International Journal of Research Studies in Biosciences, 3 (9): 32-37
- Agu, K. C., N.S. Awah, P.G. Sampson, M.O. Ikele, A.E. Mbachu, K.D. Ojiagu and C.B. Okeke, 2014. Identification and Pathogenicity of Rot-Causing Fungal Pathogens Associated with *Xanthosoma sagittifolium* Spoilage in South Eastern Nigeria. International Journal of Agriculture Innovations and Research. 2 (6): 1155-1159.
- Agueguia, A., 1987. Constraints of cocoyam *Xanthosoma sagittifolium* (L.) cultivation in Cameroon. Proceedings of the 1st National Workshop on Cocoyam, Umudike, Nigeria, pp. 72-76.
- Aguilar B., (n.d.). Guía del Cultivo de la Yautía, *Xanthosoma* spp. Recuperado de <http://www.infoagro.go.cr/tecnología/tubérculos/yuca.htm>.
- Aguilar, C., G. Arau, R. Grageda, 2003. Uso de bacterias benéficas para mejorar la producción de papa. Métodos de Investigación. (1)1-10.
- Amayana-Adioboa, O., 2007. Variation of Pythium-induced cocoyam root rot severity in response to soil type. Soil Biology & Biochemistry. 39: 2915- 2925.
- American Phytopathological Society, 2016. Diseases of Cassava (*Manihot esculenta*). Retrieved from: <http://apsjournals.apsnet.org/doi/full/10.1094/PDIS-10-16-1540-PDN>
- Amusa, A.N., T. Ikotun, and J. O. Bankole, 1996. Short communication: Survey of leaf spot causing microorganisms on yams. Department of Agricultural Biology, University of Ibadan, Ibadan, Nigeria. 153:137-142.
- Aryal, S., 2016. Biochemical test and Identification of *Bacillus subtilis*. Department of Microbiology. Retrieved from <http://www.microbiologyinfo.com/biochemical-test-and-identification-of-bacillus-subtilis/>
- Basanta K.B., S. Sharma, R. Kant, A. M. Johnson, D. Venkatana and I, 2013. Molecular Plant Pathology. 14 (8): 759-771.

- Beale, A., A. González, M. Muñoz and C. Flores, 2007. Effect of seed sett weight of yam (*Dioscorea rotundata*) on yield. Puerto Rico. Proc. C.F.C.S. 43:227-232.
- Bejarano-Mendoza C. y M. Zapata, 1998. *Sclerotium rolfsii* como componente del complejo patológico causante del mal seco de la yautía (*Xanthosoma sagittifolium*) in Puerto Rico. J.Agric. Univ.P.R. 82, 1-2:85-95.
- Bikomo, R. and J.K. Bretch, 1991. Curing, wash water chlorination and packaging to improve the post-harvest quality of *Xanthosoma* cormels. 47 (1):1 - 13
- Bikomo, M. R., 1994. "Influence of variety, maturity at harvest, chlorination, and packaging on cocoyam (*Xanthosoma* spp.) in storage." Acta Hortic, 380: 478-482.
- Bonanomi G., V. Antignani, C. Pane and F. Scala, 2007. Suppression of soilborne fungal diseases with organic amendments. Journal of Plant Pathology 89: 311-324.
- Booth, R.H., 1978. Storage, Pest Control in Tropical Root Crops. Centre of Overseas Pest Research, Overseas Development Administration, London, pp. 37 – 55.
- Bosques-Vega, A., 2015. Personal Communication.
- Bosques-Vega, A., 2017. Personal Communication.
- Brown, M. and H. Asemota, 2009. *X. campestris* pv. *dieffenbachiae*, the Causative Agent of Common Leaf Blight Disease in Dasheen (*Colocasia* sp.) and Cocoyam (*Xanthosoma* sp.). Journal of Biotech Research. 1:1-12.
- Chukwu, E. M., 2010. Advancement in Cocoyam Research in Nigeria. National Root Crops Research Institute (NRCRI), Umudike, Abia State, Nigeria. Retrieved from [http://www.ediblearoids.org/Portals/0/Documents/Inaugural/Nigeria%20\(1.6mb\).pdf](http://www.ediblearoids.org/Portals/0/Documents/Inaugural/Nigeria%20(1.6mb).pdf)
- Codón, E. y M. Vega, 2009. La crisis. Geocrisis. Recuperado de <http://www.geocrisis.com/lacrisiseconomica>
- Cooke, R.D., J.E. Rickard, and A.K. Thompson, 1988. The storage of tropical root and tuber crops – cassava, yam and edible aroids. Exp. Agric. 24: 457 – 470.
- Cortés, M. y L. Gayol, 2006. Gustos y preferencias por raíces y tubérculos en Puerto Rico. Puerto Rico. Resumen CFCS42; 403.
- Daines, R. H., 1970. "Effects of temperature and a 2,6-dichloro-4-nitroaniline di pon keeping qualities of "Yellow Jersey" sweetpotatoes during the post storage period". Plant Dis. Rep. 54: 486-488.
- Departamento de Agricultura, 2014. Consumo de alimentos. Oficina de Estadísticas Agrícolas de Puerto Rico.
- Díaz, M., 2012. El cultivo de la yautía (*Xanthosoma* spp.) en Puerto Rico. Servicio de Extensión Agrícola, Recinto Universitario de Mayagüez.
- Estación Experimental Agrícola (EEA), 1997. Conjunto tecnológico para la producción de raíces y tubérculos. Publicación; No. 101. <http://136.145.83.33:8000/jspui/handle/10476/535>

- Estación Experimental Agrícola, 2008. Las empresas agrícolas de PR: Situación y perspectivas. San Juan, PR. <http://unilib.uprm.edu/uhtbin/cgiisirsi.exe/iYwyTpfwbh/GENLIBRARY/78560017/9>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2003. El Sistema post-cosecha y las pérdidas alimentarias. Retrieved from <http://www.fao.org/docrep/004/AC301S/ac301s03.htm>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2004. Genetic improvement of underutilized and neglected crops in low income food deficit countries through irradiation and related techniques. Division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture. ISBN 92-0-113604-8
- Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2015. Roots & Tubers Post-Harvest Management. Retrieved from <http://www.fao.org/in-action/inpho/crop-compendium/roots-tubers/en/>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2016. Roots & Tubers. Retrieved from <http://www.fao.org/ag/ags/post-harvest-management/roots-tubers/en/>
- Ganesa, P., 1987. Biological control of *Sclerotium rolfsii* sacc. In peanut by inoculation with *Pseudomonas fluorescens*. Soil Biology and Biochemistry. 19(1):35-38.
- Gómez-Alpízar L., 2011. A PCR-RFLP assay for identification and detection of *Pythium myriotylum*, causal agent of the cocoyam root rot disease. Letters in Applied Microbiology.
- Hanzon, B.D. and R. Vigilia, 1999. *UV Disinfection*. Wastewater Technology. 2(3): 24-28
- Hernández, R., 1996. Cultivo de Yautía. Guía Técnica No. 27. Fundación de Desarrollo Agropecuario, Inc. República Dominicana. pp. 1-38.
- Holt, J.G., N. Krieg, P. Sneath, H. Staley and S. Williams, 1994. Bergey's Manual of Determinative Bacteriology. 93: 179.
- Laguna, IG., L. Salazar, y J. López, 1983. Boletín Técnico No. 10. Enfermedades Fungosas y Bacterianas de las Aráceas en Costa Rica, CATIE. Costa Rica. pp. 1-28.
- Leboffe, M. J. and B.E. Pierce, 2010. Microbiology Laboratory Theory and Application, Third Edition. Morton Publishing Company. pp. 205-290.
- Lerner, B. R., 2001. The sweet potato. Purdue University Cooperative Extension Service. pp. 1-17.
- Leopold Center for Sustainable Agriculture, 2014. Post-Harvest Handling: Processing, Storage & Distribution. Iowa State University. Retrieved from <https://www.extension.iastate.edu/Documents/MCMS/GAPSpostharvest.pdf>
- Mandal, R.C., 1993. Tropical Root and Tuber Crops. Cassava (Tapioca), Sweet Potato, Aroids, Yams, Yam bean, Coleus. Agro. Botanical Publishers, India, pp. 232-250.
- Martin, H. and V. Hamilton, 2004. Cooper tolerance in Australian Population of *Xanthomonas campestris* pv. *Vesicatoria* contributes to poor field control of bacterial of pepper. Queensland Horticulture Institute. 88(9): 921-924.

- Montaldo A., 1991. Cultivo de Raíces y Tubérculos Tropicales. Servicio Editorial IICA, pp. 71-90.
- Natural Resources Institute, 2016. Root and Tuber Crops in Development.
- Naziri, D., W. Quaye, B. Siwoku, S. Wanlapatit, V.P. Tu and B. Bennett, 2014. Not all those who wander are lost: A comparative analysis of postharvest losses in cassava value chains in Ghana, Nigeria, Thailand and Vietnam.
- Nunes C., J. Edmond, M. Rauth, S. Dea, and K. Chau, 2009. Environmental conditions encountered during typical consumer retail display affect fruit and vegetable quality and waste. *Post-harvest Biol. Technol.* 51: 232-241
- Nzietchueng, S., 1984. Root rot of *Xanthosoma sagittifolium* caused *Pythium myriotylum* in Cameroon. Proceedings of the 2nd Triennial Symposium of the International society for Tropical Root Crops - African Branch, August 14, Douala, Cameroon.
- Obetta, S.E., O.J. Ijabo and A.A. Satimehin, 2007. Evaluation of ventilated underground storage for cocoyam (taro). *Agricultural Engineering International. The CIGR Ejournal.* 9: 1-15.
- Ortiz, C., J. Cho, E. Rosa-Márquez y L. Rivera, 2007. El tizón foliar de *Colocasia esculenta* en Puerto Rico. In: Proceedings of Caribbean Food Crop Society 43: 134-138. San José, Costa Rica.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura., 2003. Tannia, yautía (*Xanthosoma sagittifolium*). Departamento de Agricultura y Protección al consumidor. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/t0646e/T0646E0o.htm>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 1998. Capítulo 2: Sistemas post-cosecha y las pérdidas alimentarias. Departamento de Agricultura.
- Onwueme, I. C., 1978. The tropical tuber crops. Wiley, New York, pp. 234.
- Pacumbaba, R.P., J.G. Wutoh, S.A. Eyango, J.T. Tambong and L.M. Nyochembeng, 1992. Isolation and pathogenicity of rhizosphere fungi of cocoyam in relation to cocoyam root rot disease. University of Alabama. Department of Plant and Soil Science. 135(4): 265-273.
- Parvatha, P., 2015. Plant Protection in Tropical Root and Tuber Crops. Springer India., pp. 325- 327.
- Pandukur, G., G. Plangan and A. Amienyo, 2016. Pathogenicity of Fungi Associated with Post-Harvest Deterioration. *Int. J. Phytopathol.* 5 (1): 29-34.
- Pohronezny, K., R. Volin and W. Dankers, 1983. Bacterial leaf spot of Cocoyam (*Xanthosoma caracu*), Incited by *Xanthomonas campestris* pv. *dieffenbachiae*, in Florida. 69: 170-173.
- Ray, R. and M. Swain, 2013. Bacteria in Agrobiolgy: Disease Management. D.K. Maheshwari Central Tuber Crops Institute, pp. 321-348.



- Rolle, L., 2006. Improving postharvest management and marketing in the Asia-Pacific region: issues and challenges. From: Postharvest management of fruit and vegetables in the Asia-Pacific region, APO, ISBN: 92-833-7051-1
- Salsedo, A., Á. Del Valle, B. Sánchez, V. Ocasio, A. Ortiz, P.E. Márquez and D. Siritunga, 2010. Comparative evaluation of physiological post-harvest root deterioration of 25 cassavas (*Manihot esculenta*) accessions: visual vs. hydroxyl coumarins fluorescent accumulation analysis. African Journal of Agricultural Research. 5 (22): 3138-3144.
- Sánchez, S. y A. López, 2010. Peróxido de Hidrógeno como inductor de tuberización en plantas *in vitro* en plantas de papa. Interciencia. 35 (3): 213-216
- Secretaría de Agricultura y Ganadería., 2014. Perfil del Mercado de la Malanga (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott. Gobierno de la República de Honduras.
- Tomlins, K., 2014. Root and tuber crops. Natural Resources Institute. Postharvest loss reduction center. University of Greenwich.
- Trade Map, 2014. Yautía "*Xanthosoma* spp." fresh, chilled, frozen or dried. Retrieved from <http://www.trademap.org/AdvancedProductSearch.aspx/xanthosomaworldwide>
- Trevor, V.S., M. Cantwell, 2011. Recomendaciones para mantener la calidad poscosecha. [www.postharvesttechnology.ucdavis.edu/Produce/Produce Facts](http://www.postharvesttechnology.ucdavis.edu/Produce/Produce Facts).
- United States Department of Agriculture, 2015. National Nutrient Database for Standard Reference Release. 28
- Westby, A., Q. Van Oirschot, K. Tomlins, G. Ndunguru, T. Ngendello, L. Sanni, D. Pessey and O. Oyewole, 2004. Bridging the gap between post-harvest technology development and commercialization of root and tuber crops in Africa. Invited thematic paper at the ISTRC-Africa Branch Triennial Symposium, 31 October – 5 November 2004, Mombasa, Kenya.
- Wills, R., B. McGlasson, D. Graham, y D. Joyce, 1999. Introducción a la fisiología y manipulación poscosecha de frutas, hortalizas y plantas ornamentales. Segunda edición. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España., pp. 260.
- World Congress on Root and Tuber Crops, 2016. Root & Tuber Crops. Third International Conference of the Global Cassava Partnership for the 21<sup>st</sup> Century. China. Retrieved from <http://www.gcp21.org/wcrtc/>
- Wright, S., 2014. Sweet potato. University of Kentucky Cooperative Extension Service & University of Kentucky. Retrieved from <http://www.uky.edu/ccd/sites/www.uky.edu/ccd/files/sweetpotato.pdf>
- Yu CW., T.M. Murphy, W. Sung and C.H. Lin, 2002. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> treatment induces glutathione accumulation and chilling tolerance in mung bean. Plant Biology. 29: 1081-1087.

Yu CW., T.M. Murphy and C.H. Lin, 2003. Hydrogen peroxide induced chilling tolerance in mung beans mediated through ABA-independent glutathione accumulation. *Plant Biology*, 30: 955- 963.

Zapata, M. y A. Bosques-Vega, 2013. Bacterias asociadas a hojas enfermas de yautía, *Xanthosoma* sp, SOPCA, pp. 29.

Zapata, M. y A. Bosques-Vega, 2016. Estrategias biológicas, químicas y activación de resistencia para el control de enfermedades de yautía y armonizar con el ambiente. Congreso Internacional COSMEE, UPRM. Recuperado de: [http://www.cosmee2016.org/uploads/5/6/2/4/56247557/mildred\\_zapata\\_resumen.pdf](http://www.cosmee2016.org/uploads/5/6/2/4/56247557/mildred_zapata_resumen.pdf)